Telinga

10

Telinga—Kecil, Tetapi Rumit Seperti Sebuah Labirin

Telinga (Auris) memiliki aparatus sensorik dan sel-sel saraf pada dua sistem sensorik yang berasal dari sistem embrionik yang sama (plakoda otik), tetapi bekerja dengan tujuan yang sangat berbeda: pendengaran dan keseimbangan. Organ-organ kecil, lembut, membranosa, konvolutif yang membawa sel-sel sensorik kedua modalitas tersebut, terletak di Labyrinthus membranaceus (lihat di bawah). Sebaliknya, Labyrinthus (labirin) terletak di dalam Pars petrosa ossis temporalis, piramid tulang yang memisahkan Fossa cranii media dan posterior. Saraf sensorik, N. vestibulocochlearis [VIII], keluar dari telinga dalam.

Pada manusia (seperti vertebrata pada umumnya), yang dulunya merupakan Sulcus faringeal (pertama; disebut juga sulcus bronkial, celah faringeal, atau celah bronkial), ditambah tulang-tulang dan otot di sekitarnya merupakan unsur pembentuk bagian akustik telinga—bagian tersebut meliputi aparatus penghantar suara, telinga tengah dan telinga luar. Pada ikan, Sulcus faringeal adalah "lubang pernapasan" yang khas; air yang "dihirup" melalui mulut dikeluarkan dari Pharynx melalui lubang brankial. "Celah telinga-brankial" pada hewan yang hidup di darat tidak lagi terbuka, karena membran yang sangat tipis (Membrana tympanica) menutupnya. Jika Membrana tympanica memiliki lubang, secara teoretis seseorang dapat bernapas "melalui telinga", karena ada tempat yang selalu terbuka dan menghubungkan Meatus acusticus externus (auditorius) dengan Pharynx. Kenyataannya, hal tersebut adalah tidak mungkin karena salurannya terlalu sempit. Namun, para penyelam dengan Membrana tympanica yang ruptur dapat mengalami kesulitan karena masuknya air ke dalam Pharynx.

Telinga Luar (Auris externa)

Telinga luar memanjang dari Auricula ke Meatus acusticus externus sampai Membrana tympanica. Dengan kata lain, telinga luar merupakan "bagian luar" (yang dulu merupakan) celah brankial.

Auricula kelinci dan kuda fleksibel, dapat dilipat, dan digunakan sebagai pendengaran direksional. Pada manusia, hanya sebagian fleksibilitas yang masih terjaga, sedangkan pelipatan dan motilitas telinga luar hilang. Meskipun masih tersisa, otot-otot telinga tersebut biasanya terlalu lemah untuk menopang gerakan Auricula yang signifikan. Meskipun demikian, Concha, terbuat dari kartilago elastik, membantu pendengaran direksional pada manusia.

Meatus acusticus externus memiliki panjang 3-4 cm dan berbentuk huruf S. Meatus acusticus externus terdiri dari komponen kartilaginosa distal, yang berlanjut sebagai kanal oseosa di dalam Pars petrosa ossis temporalis. Kanal ini berakhir pada Membrana tympanica. Tepat di atas dan di bawah Meatus acusticus externus terdapat Articulatio temporomandibularis. Seseorang dapat merasakan deformasi komponen kartilago saat mengunyah, terutama jika ia memasukkan jari kelima ke dalam Meatus acusticus externus.

Telinga Tengah (Auris media)

Membrana tympanica menandai batas lateral Auris media, yang terletak di dalam Pars petrosa ossis temporalis. Auris media merupakan ruang mukosa kontortus yang berhubungan dengan Cavitas lain. Berbagai jaras saraf berjalan di dalam dinding dan Cavitas telinga tengah, tempat tiga Ossicula auditus menempel. "Bagian dalam" (yang dahulu merupakan) celah brankial dihubungkan dengan Pharynx oleh Tuba auditiva (EUSTACHIAN).

Tuba auditiva dilapisi oleh membran mukosa, berjalan ke arah inferior dan anterior Cavitas tympani. Tuba auditiva terletak pada Meatus osseosa di dalam Pars petrosa ossis temporalis dan ditopang oleh kartilago elastik ke arah Pharynx, yang Ostium pharyngeumnya berbentuk seperti bel terompet. Tuba auditiva berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan udara antara telinga tengah dan lingkungan sekitar, fungsi ini terutama terbukti ketika seseorang sedang terbang dan mendaki gunung.

Cavitas tympani yang sebenarnya di dalam Pars petrosa ossis temporalis terdiri dari tiga Ossicula auditus, yaitu: Malleus, Incus, dan Stapes. Ossicula tersebut dihubungkan oleh sendi-sendi yang fleksibel dan menempel pada dinding Cavitas tympani melalui ligamen untuk membentuk pengungkit berbentuk huruf V yang menghantarkan getaran dari Membrana tympanica (ke Malleus yang menempel) ke Fenestra vestibuli (tempat Basis stapedis berada, lihat di bawah). Selain itu, dua otot (M. tensor tympani, M. stapedius) menempel pada Malleus dan Stapes. Otot-otot ini mengatur "tingkat tegangan" rangkaian tulang dan tentunya efisiensi transmisi suara. Cabang-cabang dua nervi craniales, yaitu: N. facialis [VII] dan N. glossopharyngeus [IX], berjalan di dalam lapisan mukosa dinding Cavitas tympani; Chorda tympani, suatu cabang N. facialis [VII], berjalan turun melalui Cavitas tympani. Cabang-cabang saraf ini tidak berhubungan langsung dengan pendengaran dan keseimbangan—cabang tersebut menginervasi regio-regio lain dengan berjalan melalui Cavitas tympani dan Pars petrosa ossis temporalis. Satu cabang N. facialis [VII] menginervasi M. stapedius (lihat penjelasan sebelumnya); percabangan N. glossopharyngeus [IX] (Plexus tympanicus) menginervasi membran mukosa pada Cavitas tympani.

Cavitas tympani yang terisi udara membentang dengan arah anterior dan posterior ke dalam **Cellulae mastoidea** di Processus mastoideus pada Os occipitale yang juga terisi udara dan terdiri dari banyak ruang (dapat diraba tepat di belakang dan di bawah auricula).

Telinga Dalam (Auris interna)

Auris interna yang dikenal sebagai labirin dan juga terletak di dalam Pars petrosa ossis temporalis, tepat di superior (badan vestibular) dan medial (Cochlea) Cavitas tympani. Dapat dibedakan Labyrinthus membranaceus dan osseus.

Labyrinthus membranaceus adalah suatu sistem tabung tertutup. Labirin ini terisi cairan, endolimfe, dan mengandung organ-organ sensorik. Strukturnya yang kompleks terdiri dari tiga Canalis semicircularis yang berisi modalitas sensorik untuk gerak rotasi yang dipercepat. Modalitas sensorik (Sacculus dan Utriculus) untuk gerak akselerasi linear dan posisi statik terletak di regio Vestibulum.

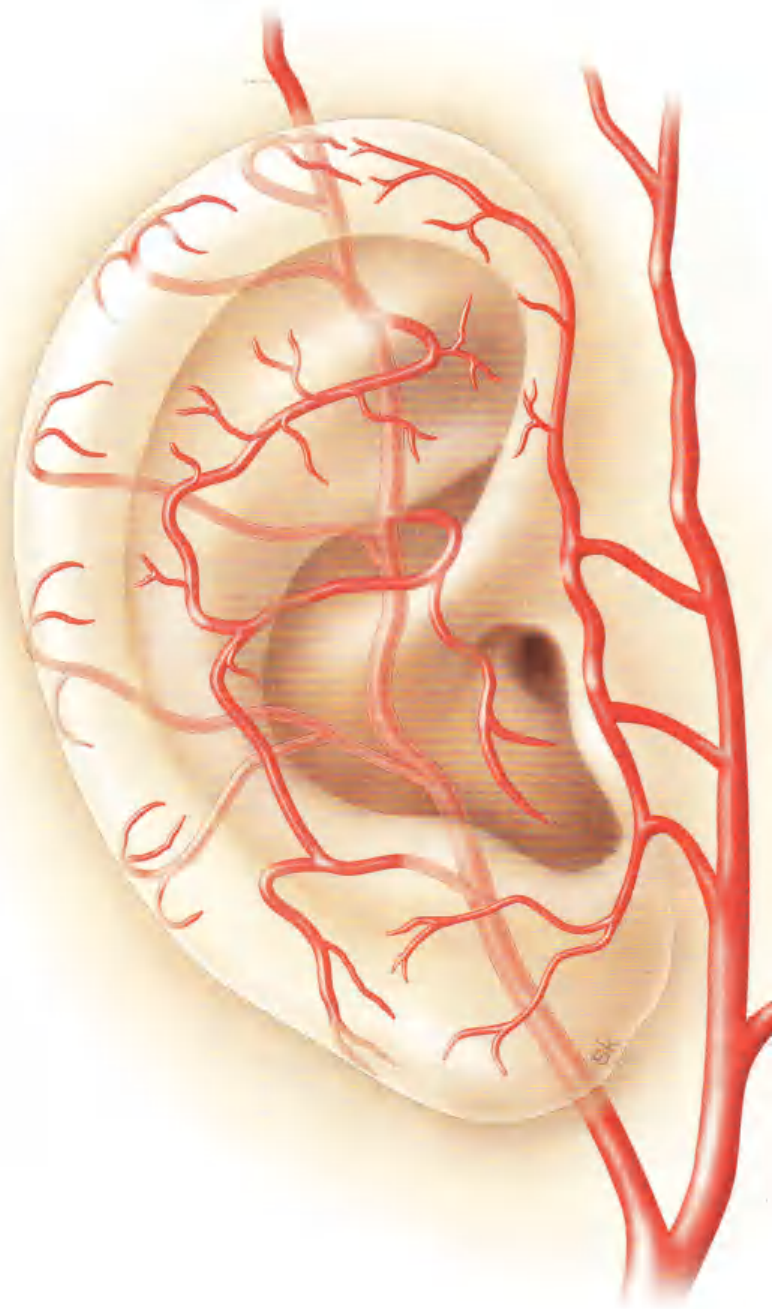
Labyrinthus osseus adalah suatu rongga di dalam Pars petrosa ossis temporalis. Labirin ini mengelilingi Labyrinthus membranaceus dan bentuknya identik, tetapi berukuran lebih besar. Oleh sebab itu, ruang yang terbentuk di antara dua labirin ini terisi cairan yang disebut perilimfe. Ruang perilimfatik tersebut terbuka di dua jendela membranosa ke arah telinga tengah: Fenestra vestibuli (ovalis) dan Fenestra cochleae (rotunda). Posisi Stapes terjaga di Fenestra vestibuli dan getaran kaki stapedial menyebabkan perilimfe mengalami osilasi.

Cochlea mencatat getaran di dalam limfe, yang kemudian diolah oleh aparatus penghantar suara pada telinga. Cochlea adalah organ pendengaran yang sebenarnya. Potensial aksi yang berasal dari modalitas sensorik organ keseimbangan dan pendengaran, dihantarkan melalui N. vestibulocochlearis [VIII] yang masuk ke labirin dari Fossa cranii posterior melalui Meatus acusticus internus.

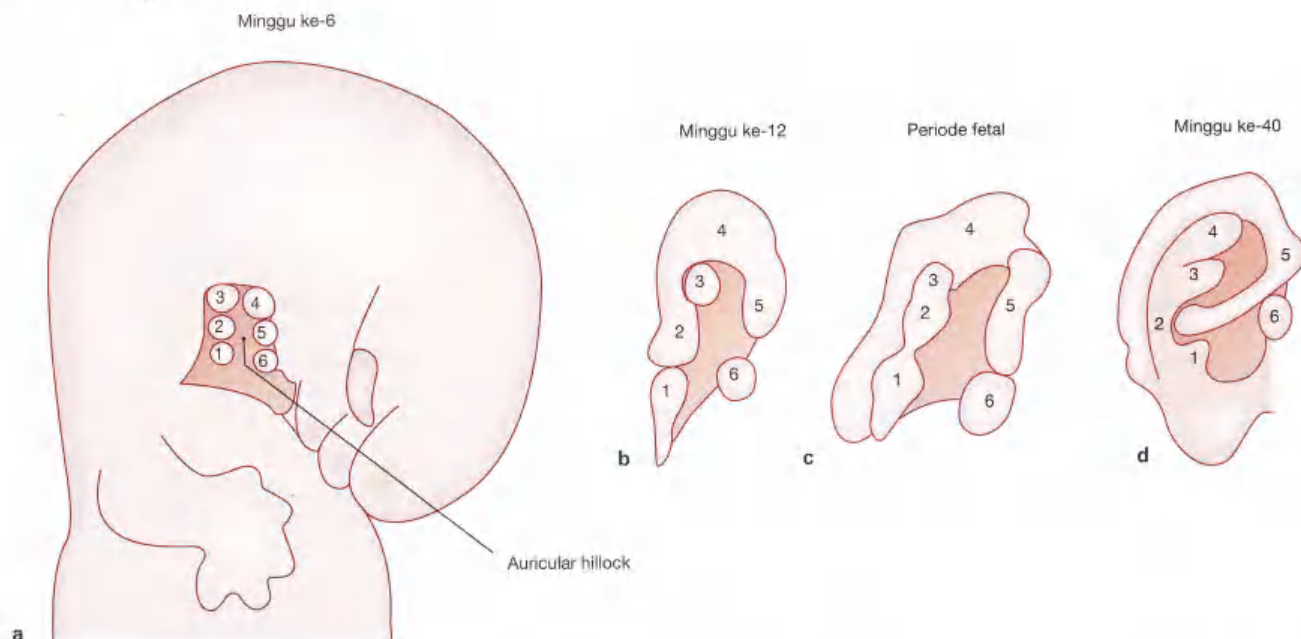
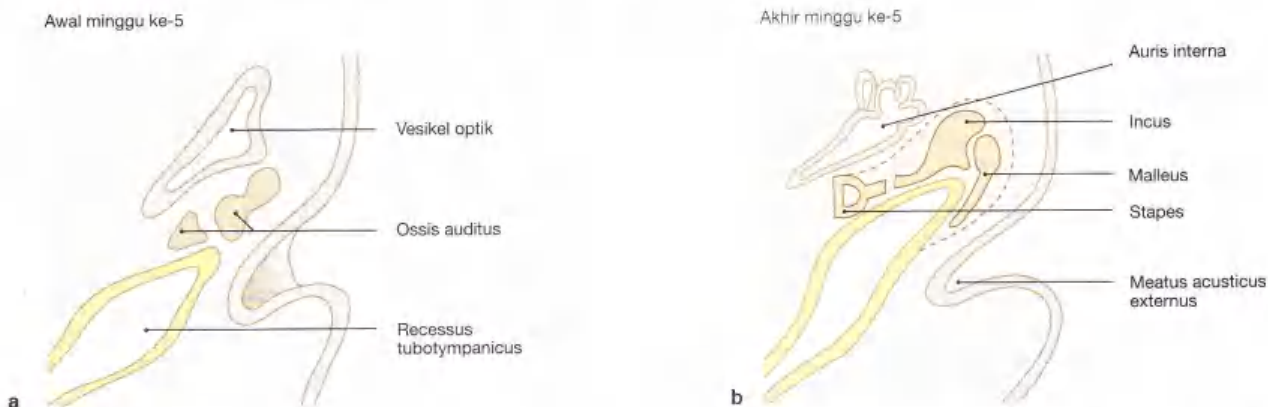
Catatan Klinis

Penyakit telinga akut yang paling sering terjadi, mengenai telinga dalam. **Tinitus** permanen, persepsi suara tanpa adanya suara dari luar yang sebenarnya, dialami oleh sekitar 10-20% populasi. **Tuli sensorineural mendadak** (SSHL, *sudden sensorineural hearing loss)* adalah penyakit idiopatik yang biasanya mengenai satu telinga dengan tingkat gangguan pendengaran yang berbeda-beda. Pada sebagian besar kasus, penyembuhan SSHL terjadi secara spontan. Penyakit yang sering adalah presbiakusis yang terjadi setelah beberapa tahun terpajan tingkat bising yang lebih tinggi. Gangguan pendengaran (hipakusis) secara umum menerangkan penurunan kemampuan mendengar. Di seluruh dunia, populasi berusia lebih dari 14 tahun sering mengalami penurunan ambang pendengaran. Terdapat kisaran luas gangguan pendengaran dari gangguan ringan sampai tuli total. Dapat dibedakan antara **tuli konduktif** dan **tuli sensorineural**. Penyebab umum tuli konduktif adalah cerumen *(earwax* yang menyumbat Meatus acusticus externus → hal. 141), benda asing di dalam Meatus acusticus externus, peradangan Meatus acusticus externus (→ hal. 138), oklusi Tuba auditiva (→ hal. 143), peradangan Tuba auditiva (→ hal. 149), infeksi telinga tengah (→ hal. 144), kolesteatoma (→ hal. 147), atau otosklerosis (→ hal. 142). Tuli sensorineural sering disebabkan oleh proses penuaan (lihat penjelasan sebelumnya), sindrom genetik (→ hal. 137), penyakit infeksius, trauma kepala, tumor (→ hal. 152), dan tuli sensorineural mendadak. **Vertigo** adalah sensasi gerakan yang diterima ketika seseorang diam. Vertigo paling sering disebabkan oleh informasi posisi yang salah yang terjadi selama disfungsi sistem vestibular pada telinga dalam. Terdapat penyebab vestibular (telinga dalam, N. vestibulocochlearis, otak) dan penyebab non-vestibular (seperti tekanan darah rendah).

→ *Kaitan Diseksi*

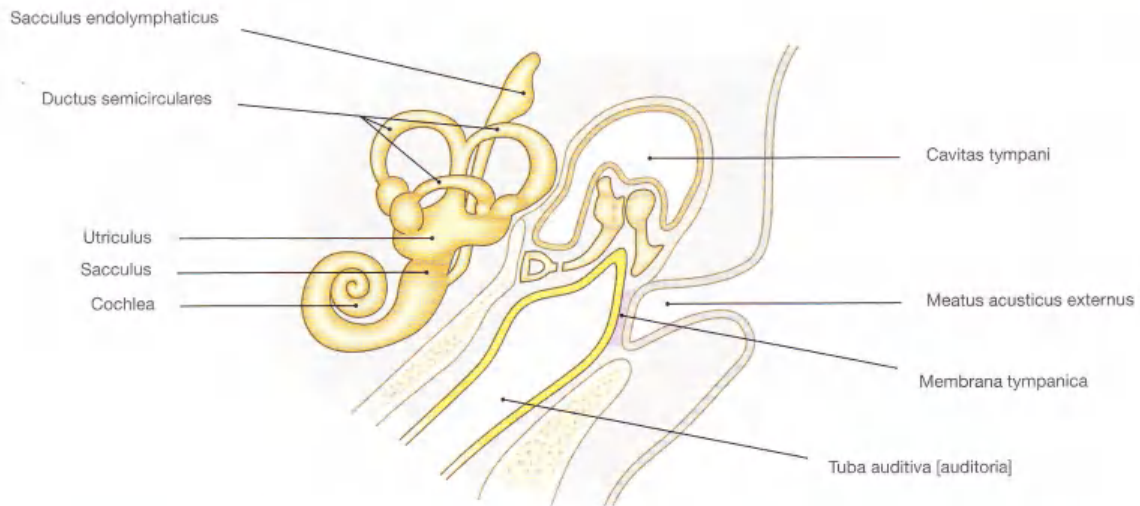
Auricula (pinna, Auricula), Meatus acusticus externus, dan Membrana tympanica biasanya tidak didiseksi. Canalis semicircularis anterior dan posterior dipelihatkan dengan cara membuka tulang dengan menggunakan pahat. Kedua Canalis semicircularis, sebagian, tertanam jauh di dalam Pars petrosa. Biasanya, Canalis semicircularis horizontal hanya diperlihatkan. Meatus acusticus externus terlihat bersamaan dengan perjalanan Nn. facialis [VII] dan vestibulocochlearis [VIII] ke Ganglion geniculi, lalu masing-masing ke Cochlea dan sistem vestibular. Selanjutnya, percabangan N. petrosus major dari Ganglion geniculi terlihat. Untuk melihat Cochlea, permukaan anterior Os petrosum yang terletak di medial Meatus acusticus externus, diangkat dengan pahat, kira-kira 1-2 mm sejajar dengan permukaan tulang. Bagian atap Cavitas tympani sekarang terbuka. Malleus dan Incus terlihat. Untuk melihat Stapes, diperlukan persiapan khusus (sehingga biasanya hanya didemonstrasikan). Dimulai pada Ganglion geniculi, N. facialis [VII] ditelusuri dengan hati-hati dan perhatian khusus diberikan untuk Chorda tympani yang berjalan ke arah yang berlawanan di antara Malleus dan Incus.

CHECK LIST UJIAN

• Perkembangan telinga • Auricula auris • Meatus acusticus externus • Glandulae ceruminosae • pendarahan • aliran limfe • inervasi • Zoster oticus • Auris media dengan Membrana tympanica dan Ossicula auditus • dinding Cavum tympani • hubungan topografi • relevansi klinis • kolesteatoma • Os temporale • otot-otot: fungsi dan inervasi • Plexus tympanicus • Chorda tympani • N. facialis [VII] dan N. vestibulocochlearis [VIII] dengan nuklei • fungsi Tuba auditiva (EUSTACHIAN) • Cochlea • Labyrinthus vestibularis • Ductus semicirculares dengan posisi anatomis • topografi: Auris interna terhadap N. facialis [VII] dan N. vestibulocochlearis [VIII] • Meatus acusticus internus • neurinoma akustik • Pars petrosa • fraktur Pars petrosa longitudinal dan horizontal • perjalanan Nn. petrosi major dan minor • Ganglion geniculi • vaskularisasi • A. labyrinthi.

Perkembangan

Gambar 10.1a hingga d Perkembangan Auricula dari 6 *auricular hillocks*, sisi kanan. [21]
Menyatunya *auricular hillock* (1-6) merupakan proses yang rumit sehingga kelainan perkembangan tidak jarang terjadi. Auricula primordial mulai berkembang di dasar leher. Seiring perkembangan Mandibula, Auricula bergerak ke kranial untuk mencapai posisi normalnya pada kedua sisi kepala setinggi mata. Posisi telinga yang terletak lebih dalam pada kepala sering dihubungkan dengan kelainan perkembangan (sering kromosomal). Meatus acusticus externus berasal dari bagian posterior celah faring I yang memanjang ke dalam sebagai tabung berbentuk kerucut untuk mencapai lapisan epitel entodermal Cavitas tympani (Recessus tubotympanicus). Pada awal minggu ke-9, sel-sel epitel yang terletak di dasar Meatus acusticus externus mengalami proliferasi dan menghasilkan lempeng selular, yakni: sumbat meatal, yang normalnya akan berdegenerasi pada usia 7 bulan perkembangan janin. Lempeng yang menetap pada Meatus acusticus externus adalah penyebab tuli kongenital.

Gambar 10.2a dan b Diferensiasi Ossicula auditus. [21]
Pada awal minggu ke-5, jaringan mesenkim *branchial arch* I dan II memulai pembentukan Ossicula auditus. *Branchial arch* I (disebut juga *manchibular arch*) membentuk Malleus dan Incus sebagai derivatif kartilago MECKEL serta membentuk M. tensor tympani yang diinervasi oleh saraf brankial I, N. mandibularis [V/3]. *Branchial arch* II menghasilkan Stapes, suatu derivatif kartilago REICHERT. Stapes dapat digerakkan oleh M. stapedius yang diinervasi oleh saraf brankial II, N. facialis [VII].

Perkembangan Telinga

Pada hari ke-22, penebalan **ektoderm permukaan** terjadi pada setiap sisi Rhombencephalon. Kondensasi selular ini, **plakoda otik**, berinvaginasi membentuk pit auditoris atau otik yang kemudian menjadi beberapa **vesikel otik** *(otocyst)*. Setiap vesikel otik terbagi menjadi **bagian ventral (rostral)** yang akan menjadi Sacculus dan Ductus cochlearis serta **bagian dorsal (occipital)** yang akan menjadi Utriculus, Canalis semicircularis, dan Ductus endolymphaticus. Bagian rostral dan occipital tetap dihubungkan melalui ductus kecil. Struktur epitel yang terbentuk dengan cara ini, semuanya disebut **Labyrinthus membranaceus.**
Celah faring I dan kantong faring I tumbuh dan saling berdekatan satu sama lain. Meatus acusticus externus berkembang dari ektoderm Celah faring I; **Auris media** berasal dari entoderm bagian distal kantong faring I. Bagian proksimal kantong faring I tetap sempit dan secara bertahap membentuk **Tuba auditiva** (Tuba EUSTACHIAN). Tuba auditiva memiliki hubungan yang sangat sempit dengan bagian *foregut* yang nantinya akan menjadi nasofaring. Bagian distal kantong faring I berkembang menjadi **Cavitas tympani.**
Pada dinding lateral Cavitas tympani, Recessus tubotympanicus terbentuk dan secara bertahap meluas ke arah celah faring yang berinvaginasi. Di titik kontak, ada membran tipis yang menetap—**Membrana tympanica** (gendang telinga).
Pada awal minggu ke-5, rantai Ossicula auditus berkembang dari mesenkim yang berasal dari Arcus pharyngeus I dan II. Pada minggu ke-6, enam ***auricular hillock*** terbentuk di ujung dorsal celah faring I dan, dalam proses progresif yang rumit, membentuk Auricula dewasa.

Perkembangan

Gambar 10.3 Struktur telinga dalam, tengah, dan luar pada saat lahir. [21]
Sampai kehamilan 8 bulan, kartilago Ossicula auditus awal tertanam di dalam mesenkim. Secara bertahap, mesenkim tersebut digantikan oleh lapisan mukosa yang berasal dari entoderm yang menyelubungi Cavitas tympani secara menyeluruh.

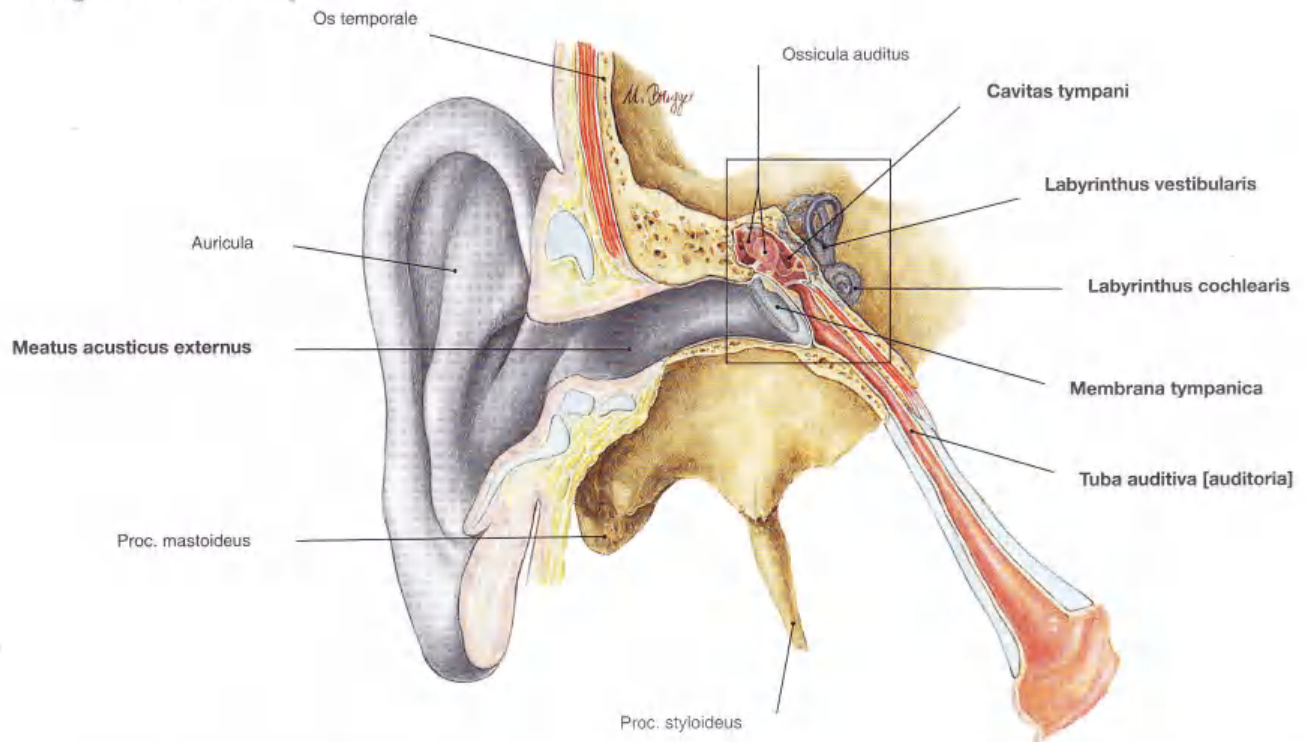
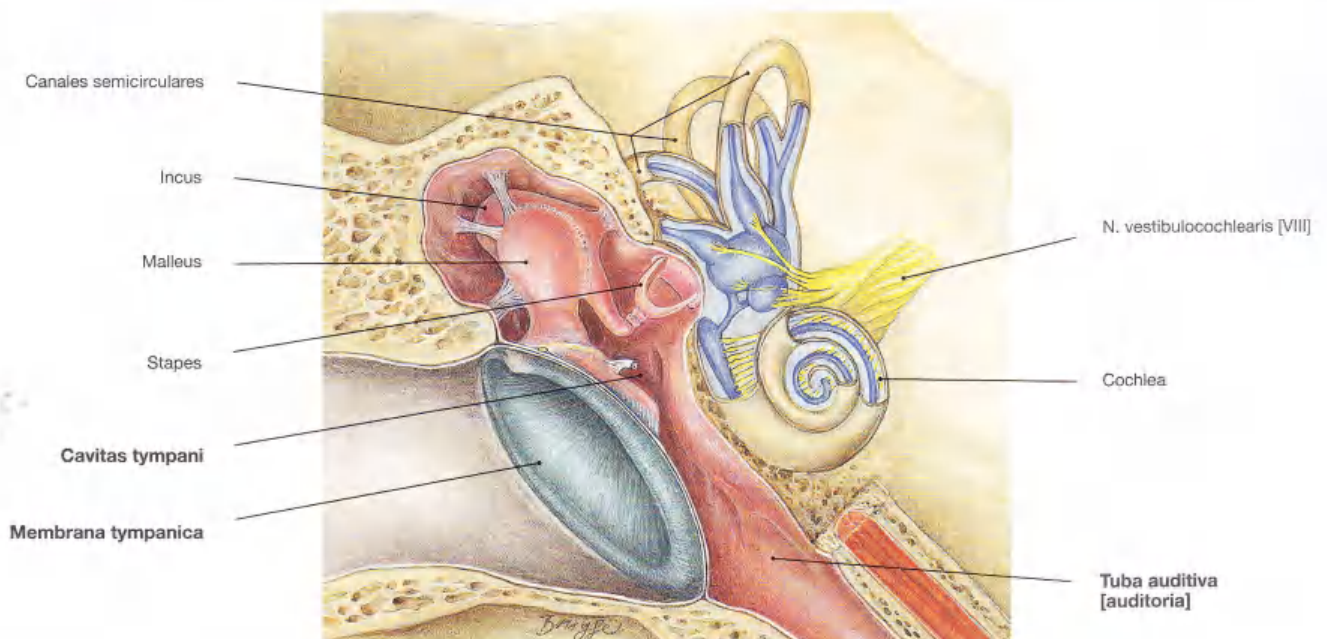
Gambar 10.4 Anak dengan *skin tag* praaurikular. [20]
Displasia aurikula tingkat I.

Gambar 10.5 Anak dengan auricula rudimenter kecil (mikrotia). [20]
Displasia aurikula tingkat II. Auriculanya kecil dan sangat tidak berbentuk. Gangguan tersebut juga sering mengenai Meatus acusticus externus.

Catatan Klinis

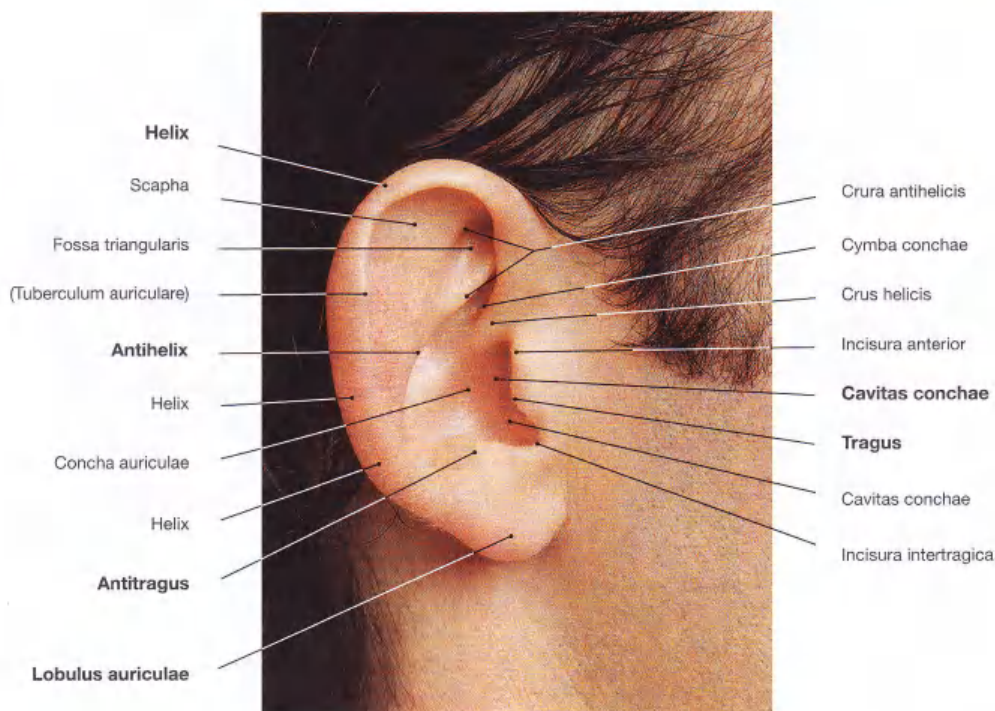
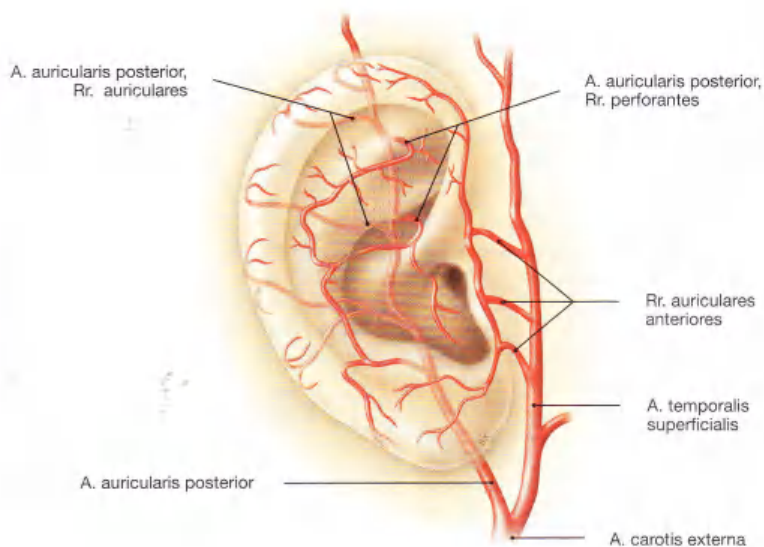
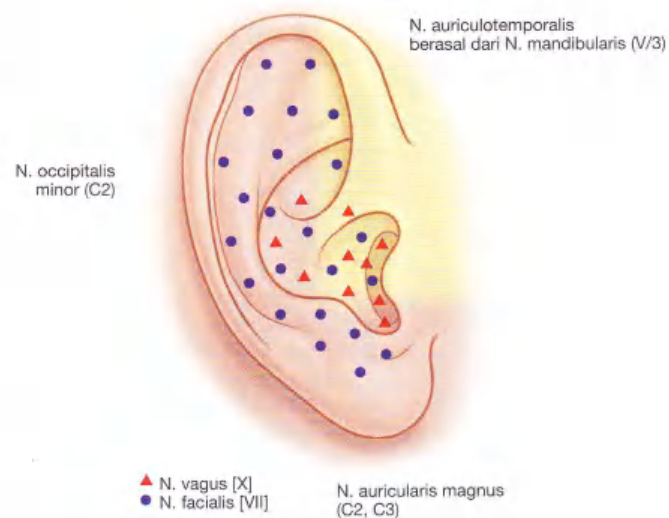
Tuli kongenital terjadi pada 2 dari 1000 bayi baru lahir. Sepertiga kasus tersebut disebabkan oleh defek genetik. Penyebab lainnya adalah infeksi selama kehamilan, penyakit kronik pada ibu, obat, alkohol dan nikotin. Ketidakmampuan mendengar secara signifikan akan mengganggu kemampuan berbicara dan perkembangan proses pikir yang terstruktur dan keterampilan berkomunikasi. Oleh sebab itu, diagnosis dan pengobatan dini adalah penting.

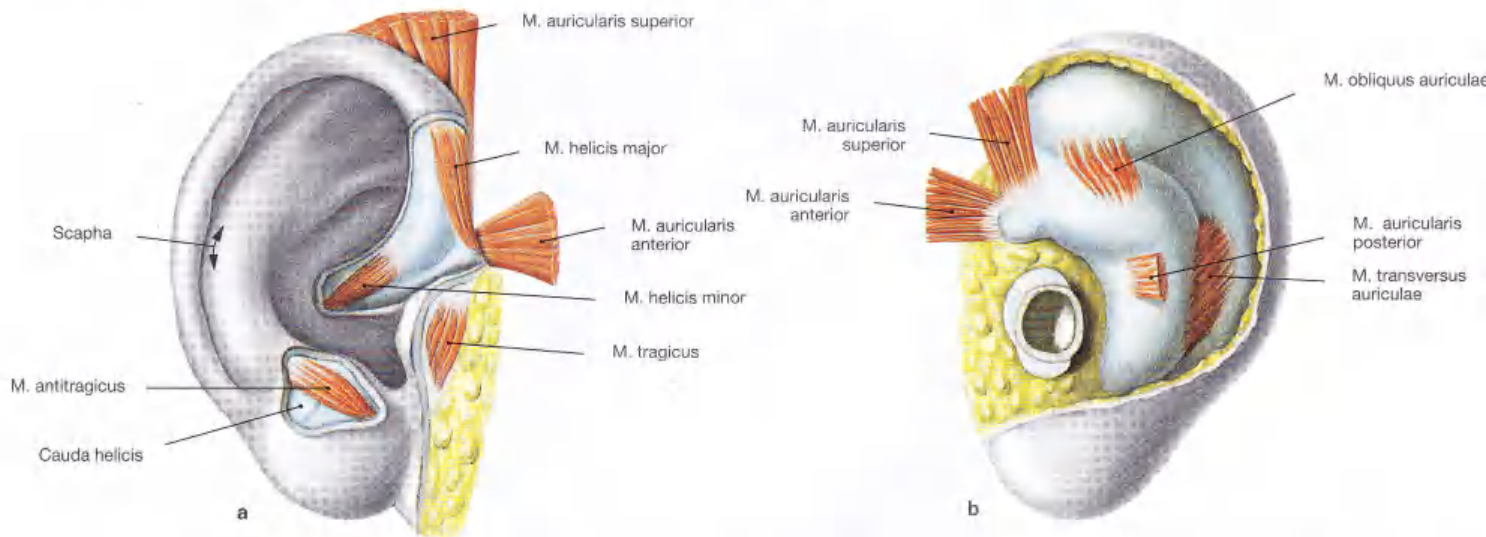
Defek telinga luar sering terjadi. Kelainan tersebut dibagi menjadi derajat 1 sampai 3 (→ Gambar 10.4 dan 10.5). sindrom FRANCESCHETTI yang diwariskan autosomal dominan (disostosis mandibulofasial) adalah contoh displasia derajat 3. Pada sindrom ini, displasia pada *branchial arch* I dan celah faring I menyebabkan defek pada telinga luar dan Os zygomaticum, dagu berlekuk, dan palatoskisis.

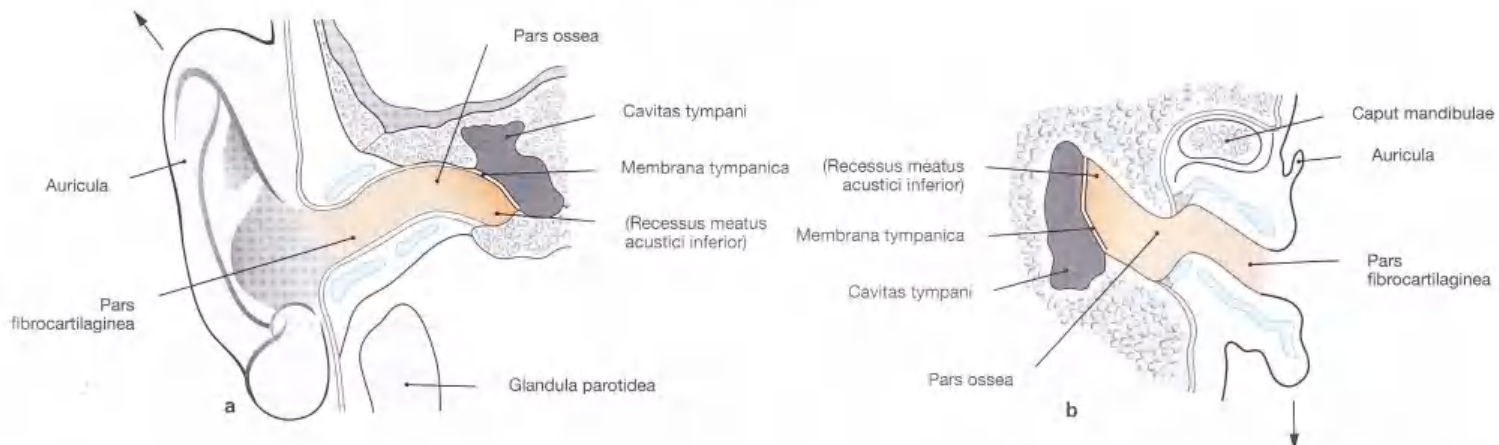
Telinga (Auris), tinjauan

Gambar 10.6 Bagian-bagian Auris, sisi kanan; potongan longitudinal melalui Meatus acusticus, Auris media, dan Tuba auditiva; dilihat dari frontal.
Ilustrasi Auricula, Meatus acusticus externus, Membrana tympanica (gendang telinga), Cavitas tympani, Ossicula auditus, Labyrinthus cochlearis, dan Labyrinthus vestibularis.
Gelombang suara memulai osilasi Membrana tympanica (**konduksi aerotympanal**). Ossicula auditus menghantarkan vibrasi ke Fenestra vestibuli di telinga dalam (→ Gambar 10.27) dan menyesuaikan impedansi udara rendah (→ Gambar 10.17) dengan impedansi cairan tinggi pada Auris interna yang terisi cairan (penyesuaian impedansi). Selain itu, Auris interna juga dapat merasakan vibrasi tulang-tulang tengkorak (**konduksi tulang**).Di dalam Auris interna, energi suara berjalan sebagai suatu gelombang (gelombang yang berpindah). Sel-sel sensorik Auris interna mengubah energi suara menjadi **impuls listrik** yang selanjutnya dibawa oleh N. cochlearis ke regio otak yang spesifik. Organ vestibular berfungsi untuk persepsi akselerasi rotasional dan linear. Gerakan endolimfe yang terkandung di dalam organ vestibular menyebabkan defleksi silia pada permukaan sel sensorik yang berhubungan dengan serat-serat aferen N. vestibularis.

Gambar 10.7 Auris media dan interna, sisi kanan; potongan Gambar → 10.6 yang diperbesar; dilihat dari frontal.
Terlihat disini: Membrana tympanica, tiga Ossicula auditus di dalam Cavitas tympani: Malleus berbentuk palu, Incus berbentuk landasan, dan Stapes yang berbentuk seperti sanggurdi serta bagian-bagian Labyrinthus membranaceus (biru).

Catatan Klinis

Manipulasi mekanis (seperti pembersihan Meatus acusticus externus dengan menggunakan *Q-tip*) atau cedera sering menyebabkan peradangan di regio Auricula dan Meatus acusticus externus (**otitis eksternal**).

Daun telinga (Auricula)

Gambar 10.8 Auricula, sisi kanan; dilihat dari lateral.
Framework dasar Auricula terdiri dari kartilago elastik. Kulit pada permukaan lateral Auricula menempel kuat pada perikondrium dan tidak dapat digerakkan; pada sisi belakang Auricula, kulit dapat digerakkan. Jaringan lemak subkutan tidak ada. Lobulus auriculae tidak mengandung kartilago.

Gambar 10.9 Arteri pada Auricula, sisi kanan; dilihat dari lateral. [8]
Akibat lokasinya yang terpajan, Auricula memiliki banyak pembuluh darah (proteksi terhadap pembekuan, cocok untuk konveksi panas). Arteri penyuplainya adalah **cabang-cabang A. carotis externa** (A. auricularis posterior, A. temporalis superficialis).

Gambar 10.10 Inervasi sensorik Auricula, sisi kanan; dilihat dari lateral. [8]
Inervasi sensorik Auricula diberikan oleh **N. auriculotemporalis** (dari N. mandibularis [V/3] di depan telinga, **Plexus cervicalis** (N. auricularis magnus, N. occipitalis minor) untuk regio di belakang dan di bawah telinga, **N. facialis** [VII] untuk Auricula itu sendiri (bagian N. facialis [VII] yang sebenarnya terlibat belum jelas), dan **N. vagus** [X] untuk tempat masuk (Aditus) ke Meatus acusticus externus.

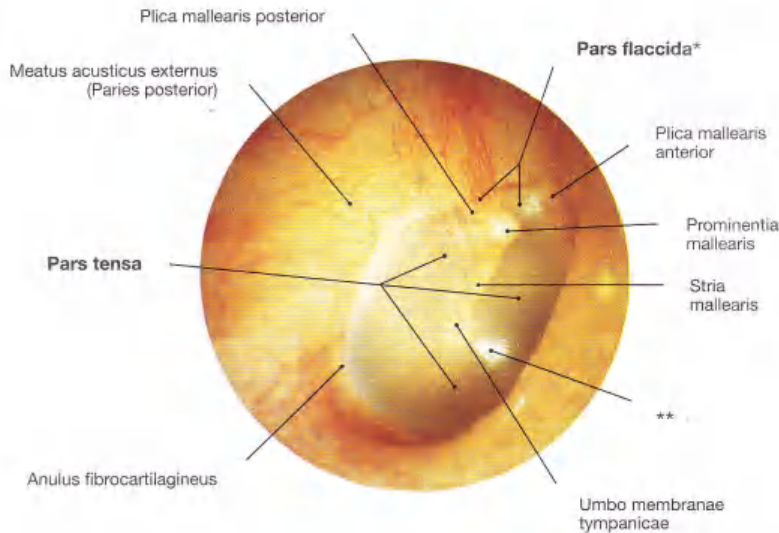
Daun telinga (Auricula) dan Meatus acusticus externus

Gambar 10.11a dan b Mm. auriculares, dan Cartilago Auricula, sisi kanan.
a. Dilihat dari lateral
b. Dilihat dari dorsal
Otot-otot rudimenter terkadang dapat ditemukan menempel pada Auricula (beberapa orang dapat menggerakkan telinganya). Otot-otot tersebut adalah otot wajah (inervasi oleh N. auricularis posterior, cabang N. facialis [VII]) yang merupakan bagian sistem sfingter rudimenter yang masih ditemukan pada banyak hewan. Kuda, misalnya, menggerakkan Auricula sedemikian rupa sehingga Meatus acusticus externus menghadap ke arah gelombang suara. Selama hibernasi, landak dan beruang menggunakan fungsi sfingter tersebut untuk menyumbat Meatus acusticus externus dan menghambat bising yang tidak diinginkan.

→ T 1b

Gambar 10.12a dan b Meatus acusticus externus, sisi kanan; gambar skematik.
a. potongan frontal
b. potongan horizontal
Meatus acusticus externus berbentuk huruf S dan dibentuk oleh Pars tympanica ossis temporalis. Auricula harus ditarik ke atas dan ke belakang untuk melihat Membrana tympanica dengan cermin otoskopik yang memantul atau mikroskop (otoskopi). Tindakan tersebut akan meluruskan bagian kartilaginosa Meatus acusticus externus dan memungkinkan (setidaknya sebagian) melihat Membrana tympanica. **Inervasi** Meatus acusticus externus (tidak diperlihatkan) adalah oleh N. meatus acustici externi, cabang dari N. auriculotemporalis (dinding anterior dan posterior), R. auricularis N. vagus [X] (dinding posterior dan sebagian dinding inferior), dan melalui Rr. auriculares N. facialis [VII] dan N. glossopharyngeus [IX] (dinding posterior dan Membrana tympanica).

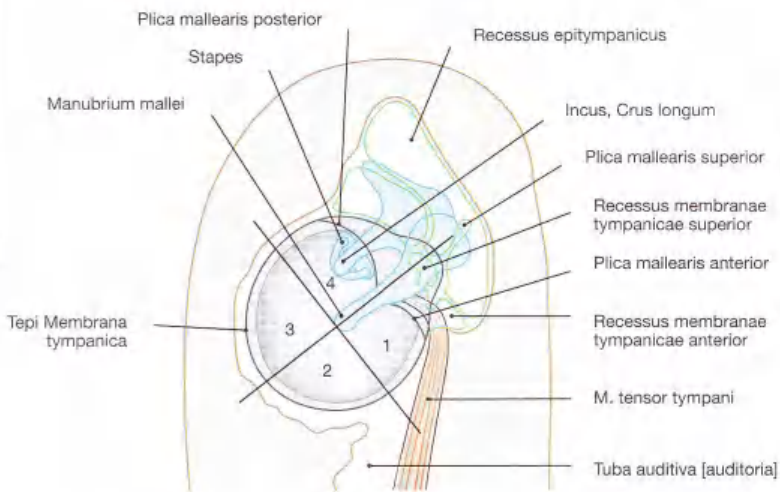
Panah: arah tarikan pada Auricula yang dilakukan pemeriksa untuk Meluruskan Meatus acusticus externus dan memungkinkan dia untuk melihat Membrana tympanica.

Catatan Klinis

- Peradangan kartilago elastik auricula (**perikondritis aurikular**) dapat terjadi sebagai akibat cedera dan sengatan serangga. Pengobatan meliputi pemakaian agen-agen disinfektan topikal serta pemakaian glukokortikoid dan antibiotik lokal dan sistemik.
- Lobulus auriculae kaya akan vaskularisasi, tidak mengandung kartilago elastik, dan mudah diakses, sehingga sering dipilih untuk pengambilan sejumlah kecil darah, seperti untuk mengukur kadar glukosa darah pada pasien-pasien diabetik.
- Kelainan telinga luar sering memerlukan bedah plastik rekonstruksi.
- Nervus vagus [X] memberikan inervasi sensorik ke Meatus acusticus externus. Manipulasi Meatus acusticus externus (seperti pengangkatan serumen atau benda asing) biasanya menginisiasi refleks batuk pada orang-orang tertentu (refleks ARNOLD). Pada kasus yang berat, seseorang dapat memperlihatkan tanda-tanda mual atau kolaps.

Gendang telinga (Membrana tympanica)

Gambar 10.13 Membrana tympanica, sisi kanan; dilihat dari lateral; citra otoskopik.
Pada sisi anterior, inferior, dan posteriornya, Meatus acusticus externus dibatasi oleh Pars tympanica ossis temporalis. Pada sisi superiornya, cincin bertulang dipotong oleh Incisura tympanica (titik pelekatan untuk Pars flaccida Membrana tympanica). Selain Incisura tympanica, Sulcus tympanicus sirkular yang lain terletak di dalam Pars tympanica (Pars tensa membrana tympanica melekat di sini melalui kartilago fibrosa Anulus fibrocartilagineus).

* istilah klinis: membran SHRAPNELL
** posisi refleks cahaya yang umum

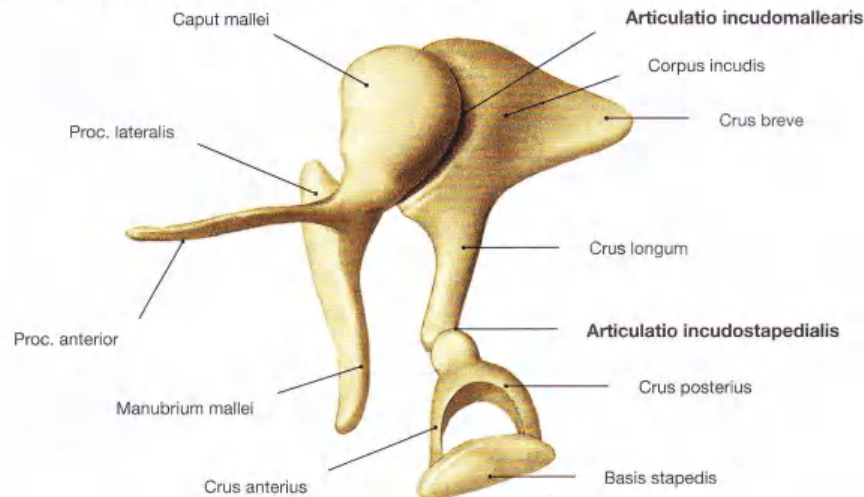
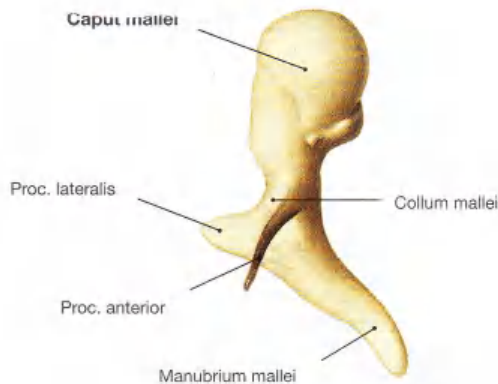
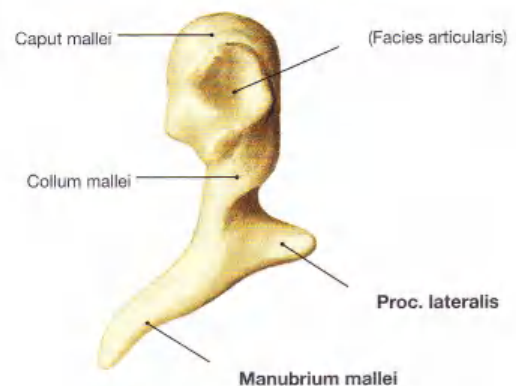
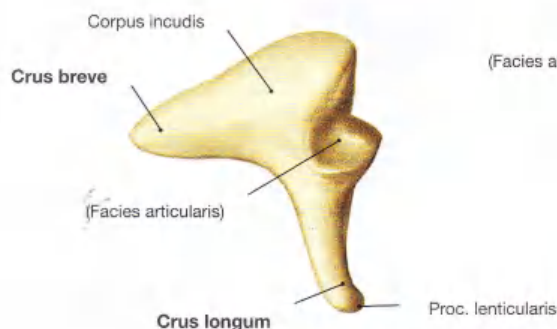
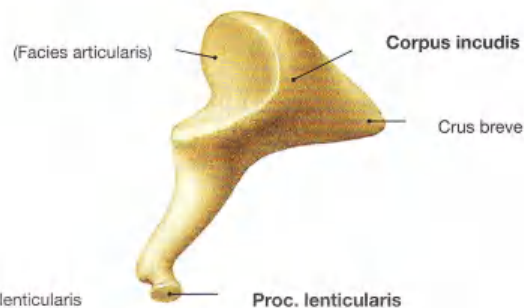
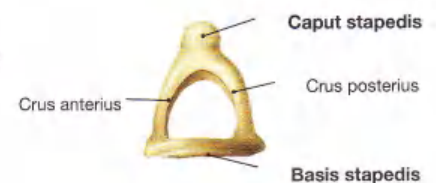
Gambar 10.14 Membrana tympanica, sisi kanan, skema kuadran. Dilihat dari lateral.
Iluminasi Membrana tympanica yang berwarna mutiara biasanya menimbulkan refleks cahaya berbentuk segitiga di kuadran bawah anterior, dan dari refleks tersebut dapat disimpulkan tingkat ketegangan Membrana tympanica.

Gambar 10.15 Membrana tympanica, dan Recessus pada Cavitas tympani, sisi kanan, skema kuadran; dilihat dari lateral; gambar skematik.
Skema kuadran memiliki relevansi klinis praktis. Ossicula auditus terletak di kuadran atas. Selain itu, Chorda tympani dan tendo M. tensor tympani terletak di sini (→ Gambar 12.148).

Gambar 10.16 *Tube* timpanostomi (grommet) di kuadran bawah anterior.
Untuk menghindari cedera struktur telinga tengah, parasentesis (miringotomi; insisi bedah kecil Membrana tympanica) dilakukan pada (masing-masing) kuadran bawah anterior atau posterior. Ventilasi jangka panjang Cavitas tympani dipastikan dengan memasukkan *grommet* ke dalam insisi.

* *grommet*

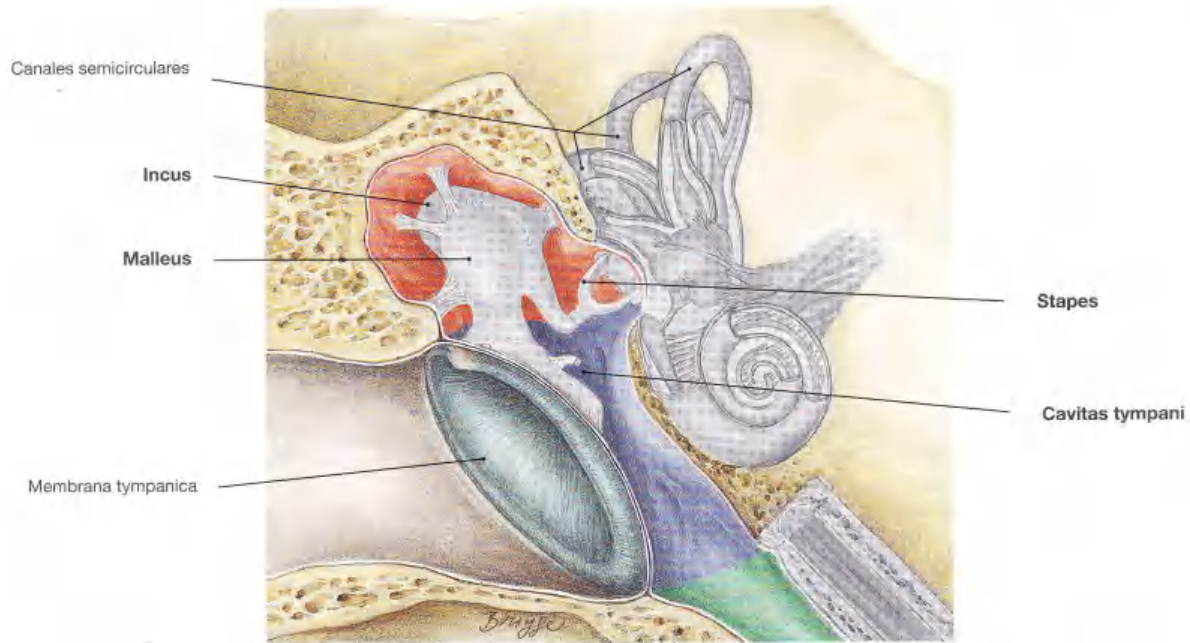
Catatan Klinis

Karena Pars flaccida lebih tipis daripada Pars tensa, perforasi spontan Membrana tympanica pada saat **infeksi telinga tengah putrid** (otitis media) cenderung terjadi pada bagian ini. Efusi serosa yang terkumpul dalam telinga tengah dapat dilihat melalui Membrana tympanica. Efusi tersebut dapat dialirkan dengan miringotomi. *Grommet* yang dimasukkan ke dalam bukaan Membrana tympanica memastikan drainase jangka panjang dan aerasi telinga tengah (→ Gambar 10.16). Produksi serumen (earwax) berlebih dapat menyebabkan sumbatan Meatus acusticus externus (**Cerumen obturans**) dan tuli konduktif. Serumen mengandung substansi asam yang memberikan perlindungan terhadap serangga dan mikro-organisme.

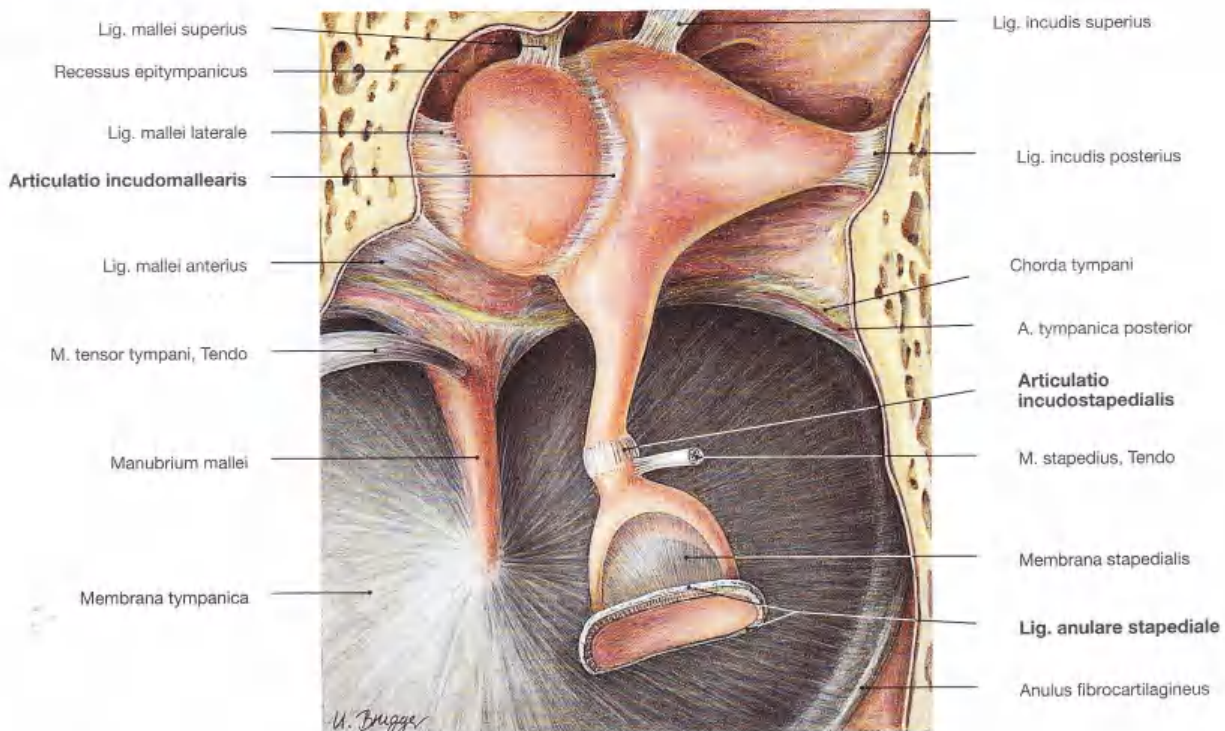
Tulang-tulang pendengaran (Ossicula auditus)

Gambar 10.17 Ossicula auditus, sisi kanan; dilihat dari superomedial. Ossicula auditus dihubungkan secara berurutan. Tulang-tulang tersebut dihubungkan oleh sendi sejati (Articulatio incudomallearis – Articulatio sellaris – dan Art. incudostapedialis – Articulatio spheroidea). Rangkaian Ossicula auditus menghantarkan energi gelombang suara dari Membrana tympanica ke perilimfe di Auris interna. Keadaan tersebut melibatkan transformasi dari impedansi udara yang lebih rendah menjadi impedansi cairan yang lebih tinggi pada limfe Auris interna. Perubahan ini memerlukan amplifikasi gelombang suara (penyesuaian impedansi), yang dicapai dengan perbedaan luas permukaan antara Membrana tympanica (55 mm^2) dan Fenestra vestibuli (3,2 mm^2; 17 kali) serta pengungkit kerja Ossicula auditus (1,3-kali). Dengan demikian, tekanan akustik diperbesar menjadi 22 kali lipat.

Gambar 10.18 Malleus, sisi kanan; dilihat dari frontal

Gambar 10.19 Malleus, sisi kanan; dilihat dari posterior

Gambar 10.20 Incus, sisi kanan; dilihat dari lateral.

Gambar 10.21 Incus, sisi kanan; dilihat dari medial.

Gambar 10.22 Stapes, sisi kanan; dilihat dari superior.

Catatan Klinis

Defek pada rangkaian konduktif (Membrana tympanica, Ossicula auditus) menyebabkan **tuli konduktif**. Hilangnya transformasi tekanan suara secara menyeluruh menyebabkan pendengaran berkurang sekitar 20 dB. Penyakit khas yang menyebabkan tuli seperti itu adalah **otosklerosis**, penyakit yang hanya terjadi pada Pars petrosa ossis temporalis. Basis stapedis secara progresif terfiksasi pada Fenestra vestibuli melalui osifikasi Lig. anulare stapediale yang menyebabkan meningkatnya tuli konduktif secara lambat. Telah dicatat pada beberapa pasien, adanya kontribusi Cochlear pada tuli sensorineural. Perempuan berusia 20-40 tahun terkena otosklerosis dua kali lebih sering daripada laki-laki. Pada 70% kasus, otosklerosis mengenai kedua telinga.

Cavitas Tympani

Gambar 10.23 Berbagai bagian Cavitas tympani, sisi kanan; dilihat dari frontal.

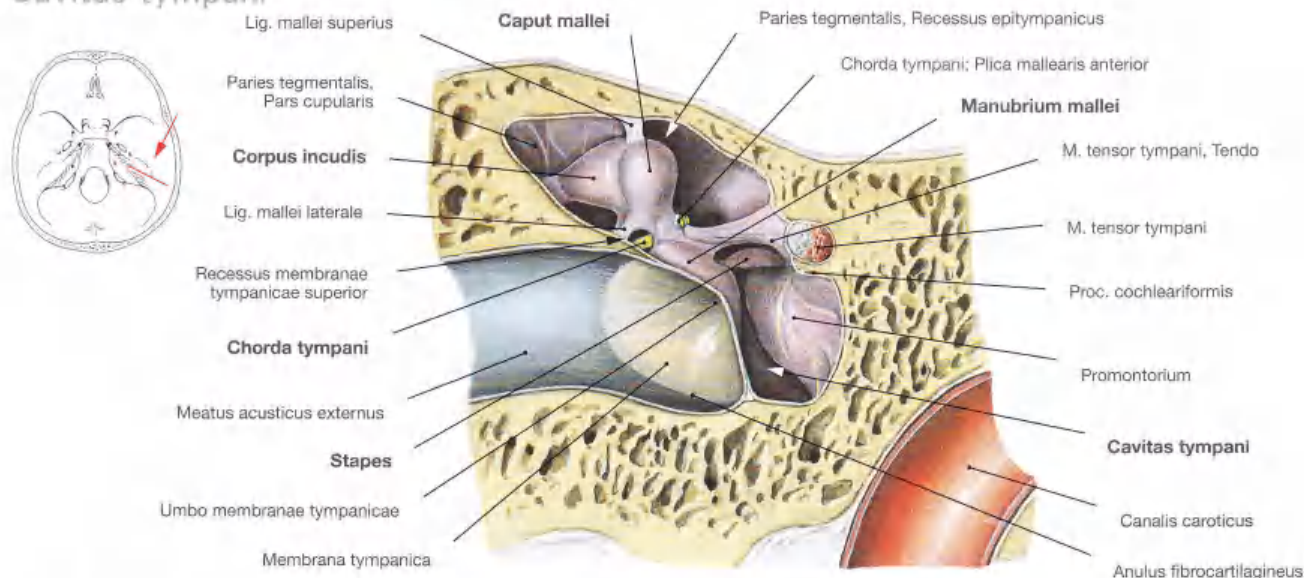
Dari sudut pandang klinis, Cavitas tympani terbagi menjadi tiga bagian yang diberi nama sesuai dengan hubungan topografiknya dengan Membrana tympanica.

- **Epitympanum** (merah; Recessus epitympanicus), berisi alat penggantung dan sebagian besar Ossicula dan, melalui Antrum mastoideum, berhubungan dengan sel-sel mastoid.
- **Mesotympanum** (biru) terdiri dari Manubrium mallei, Proc. lenticularis incus, dan tendo M. tensor tympani.
- **Hypotympanum** (hijau; Recessus hypotympanicus) menuju Tuba auditiva (auditoria).

Gambar 10.24 Articulationes dan Ligg. ossiculorum auditus, sisi kanan; dilihat dari superomedial.

Ligamen-ligamen memperkuat Malleus dan Incus pada epitympanum. Art. incudomallearis (Art. sellaris) menghubungkan kedua Ossicula auditus. Art. incudostapedialis (Art. spheroidea) menghubungkan Stapes dan Incus. Posisi Basis stapedis yang menempel pada Fenestra vestibuli dijaga oleh Lig. anulare stapediale (sindesmosis). Semua struktur di dalam Cavitas tympani, termasuk Chorda tympani, dilapisi oleh mukosa Auris media.

Catatan Klinis

Pada anak-anak, salah satu penyebab tuli konduktif yang paling sering adalah **oklusi Tuba auditiva** yang disebabkan oleh peradangan Tuba atau restriksi pernapasan hidung akibat tonsil faring yang membesar (adenoid). Pada gangguan fungsional Tuba auditiva yang berlanjut, mukosa Auris media mulai menyekresi cairan seromukosa dan terkumpul di dalam Cavitas tympani (**otitis media seromukosa**).

Cavitas tympani

Gambar 10.25 Cavitas tympani, sisi kanan; potongan frontal; dilihat dari frontal.

Cavitas tympani adalah ruang berongga yang terisi udara, terdapat di dalam Auris media dan terdiri dari Ossicula auditus. Cavitas tympani terletak tepat di belakang Membrana tympanica serta diaerasi dan didrainase oleh Tuba auditiva [auditoria] (tuba EUSTACHIAN) yang juga berperan pada penyeimbangan tekanan. Jarak spasial di antara epitympanum dan hypotympanum adalah 12-15 mm dan kedalamannya 3-7 mm, dengan volume ruangan kira-kira 1 cm^3.

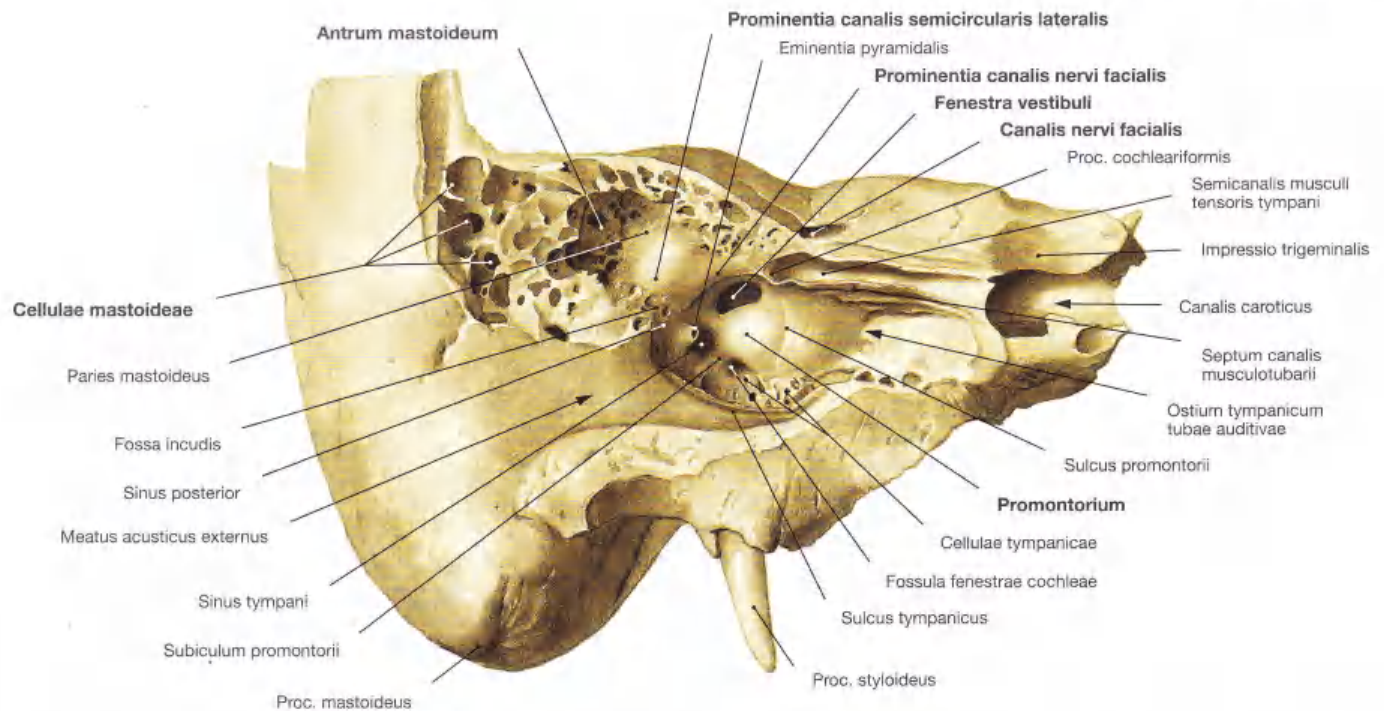
Cavitas tympani		
Processus mastoideus (Paries mastoideus)	dinding posterior (Proc. mastoideus)	→
V. jugularis (Paries jugularis)	dinding inferior (Fossa jugularis)	↓
A. carotis interna (Paries caroticus)	dinding anterior (Canalis caroticus)	←
Fossa cranii media (Paries tegmentalis)	dinding superior (Fossa cranii media)	↑
Fenestra vestibuli (Paries labyrinthicus)	dinding medial (Labyrinthus)	
Membrana tympanica (Paries membranaceus)	dinding lateral (Membrana tympanica)	

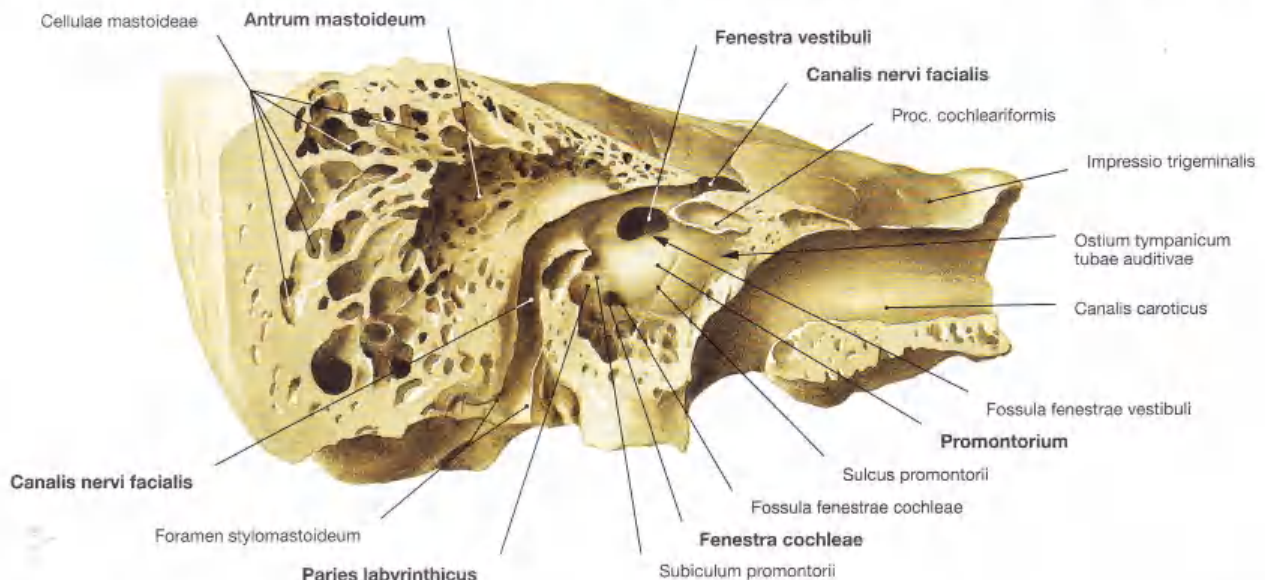
Gambar 10.26 Hubungan topografik antara Cavitas tympani, dan struktur-struktur sekitar, sisi kanan; dilihat dari lateral; gambar skematik.

Lempeng tulang tipis (Tegmen tympani, **Paries tegmentalis**) memisahkan Epitympanum dengan Fossa cranii media di kranial. Dinding anterior Mesotympanum (**Paries caroticus**) berada dekat dengan A. carotis interna. Membrana tympanica menjadi seluruh dinding lateral (**Paries membranaceus**). Tuba auditiva [auditoria] masuk ke Cavitas tympani di bagian dinding inferior. Dinding posterior (Paries mastoideus) membatasi **Proc. mastoideus**. Di sisi superior posteriornya, terdapat hubungan langsung dengan ruang pneumatik mastoid (Aditus ad antrum). Dinding medial (**Paries labyrinthicus**; → Gambar 10.27 dan 10.28) memisahkan Cochlea dari Cavitas tympani. Dinding inferior Cavitas tympani (**Paries jungularis**) termasuk dalam Hypotympanum dan memisahkan Cavitas tympani dari V. jugularis interna. Di sini, tulangnya sangat tipis dan sebagian terisi udara.

Catatan Klinis

Infeksi telinga tengah (otitis media) akut adalah salah satu penyakit yang paling sering terjadi selama masa kanak-kanak. Penyebab paling seringnya adalah bakteri dan virus yang mencapai Auris media melalui Tuba auditiva [auditoria] selama atau setelah infeksi Nasopharynx. Peradangan tersebut melibatkan peningkatan vaskularisasi (warna merah), edema, infiltrasi granulosit, dan produksi pus. Karena inflamasi ini menghambat aliran pus yang melalui Tuba auditiva, peradangan ini dapat menyebar ke struktur di sekitarnya dan menyebabkan **komplikasi** yang berat, seperti:

- ruptur Membrana tympanica (kasus yang paling sering, melalui Paries membranaceus).
- mastoiditis (melalui Paries mastoideus, Antrum mastoideum, → hal. 134).
- thrombophlebitis dan thrombosis V. jugularis (melalui Paries jugularis)
- septikemia (distribusi organisme patogen dari otitis media oleh darah melalui Paries caroticus)
- abses otak dan/atau meningitis (melalui Paries tegmentalis)
- labirintitis (dengan vertigo dan gangguan pendengaran melalui Paries labyrinthicus)

Cavitas Tympani

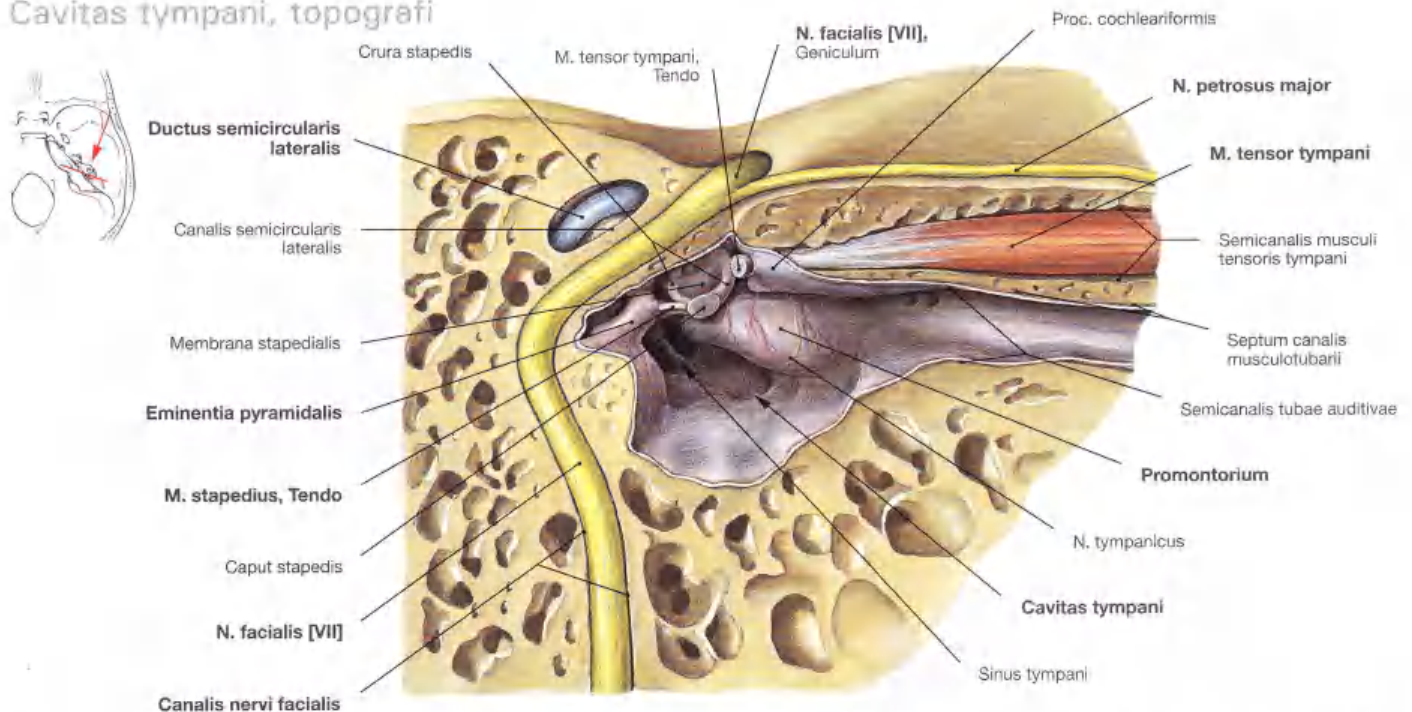
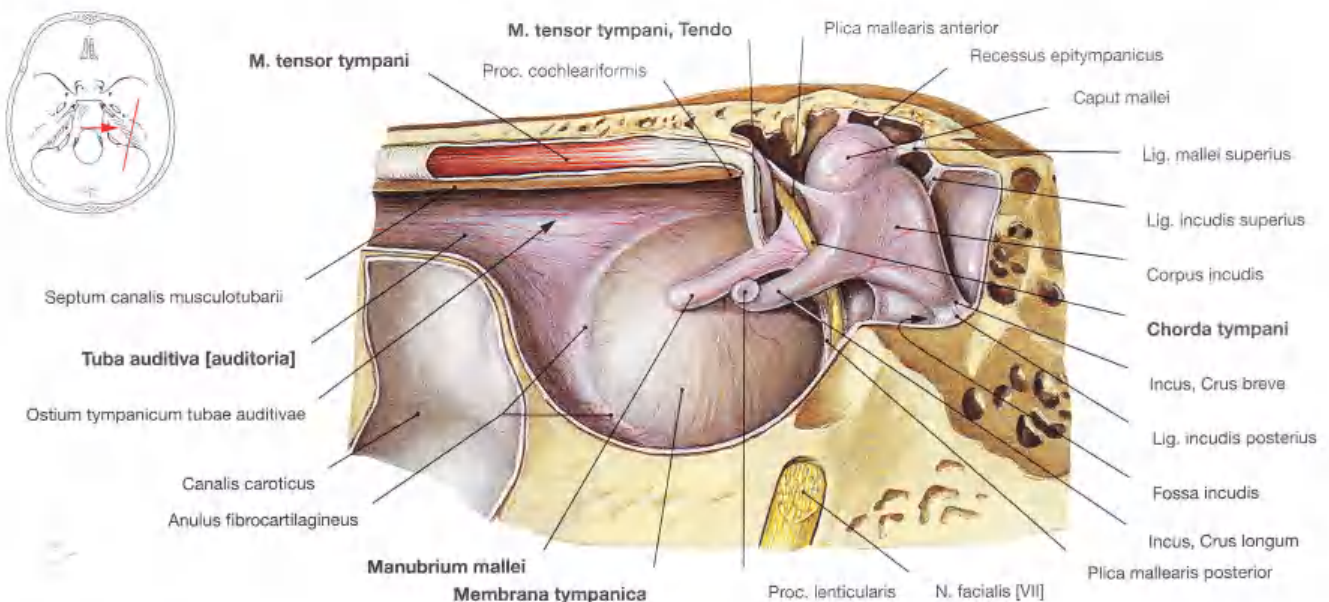
Gambar 10.27 Dinding medial, Paries labyrinthicus, pada Cavitas tympani, sisi kanan; potongan vertikal pada sumbu longitudinal Pars petrosa ossis temporalis; dilihat dari frontolateral.
Di atas Fenestra vestibuli, Canalis semicircularis lateralis menonjol keluar dari dinding Cavitas tympani untuk membentuk Prominentia canalis semicircularis lateralis. Nervus facialis [VII] berjalan melalui Canalis nervi facialis yang terletak di dalam dinding medial. Kanal tersebut membentuk Prominentia canalis nervi facialis horizontal pada dinding medial. Tuba auditiva [auditoria] berawal di Ostium tympanicum tubae auditivae. Terletak di sepanjang sisi superior Tuba auditiva [auditoria], Septum canalis musculotubarii yang memisahkan Tuba auditiva dari Semicanalis musculi tensoris tympani. Proc. mastoideus yang umumnya mengalami pneumatisasi (Cellulae mastoideae) berhubungan dengan Cavitas tympani melalui Antrum mastoideum.

Gambar 10.28 Dinding medial, Paries labyrinthicus, Cavitas tympani, sisi kanan; dilihat dari anterolateral; setelah pengangkatan dinding lateral dan bagian-bagian di sekitar dinding anterior dan superior; Canalis facialis dan Canalis caroticus dibuka.
Dinding medial memisahkan Cavum tympani dari Auris interna (Labyrinthus) dan memiliki dua bukaan:

- **Fenestra vestibuli** dengan Basis stapedis menempel padanya dengan bantuan Lig. anulare stapediale.
- Terletak lebih inferior, Fenestra cochleae ditutup oleh Membrana tympanica secundaria.

Dalam ruang di antara Fenestra vestibuli dan Fenestra cochleae, Cochlear basal membentuk tonjolan yang mencolok di dinding medial Cavitas tympani, disebut Promontorium.

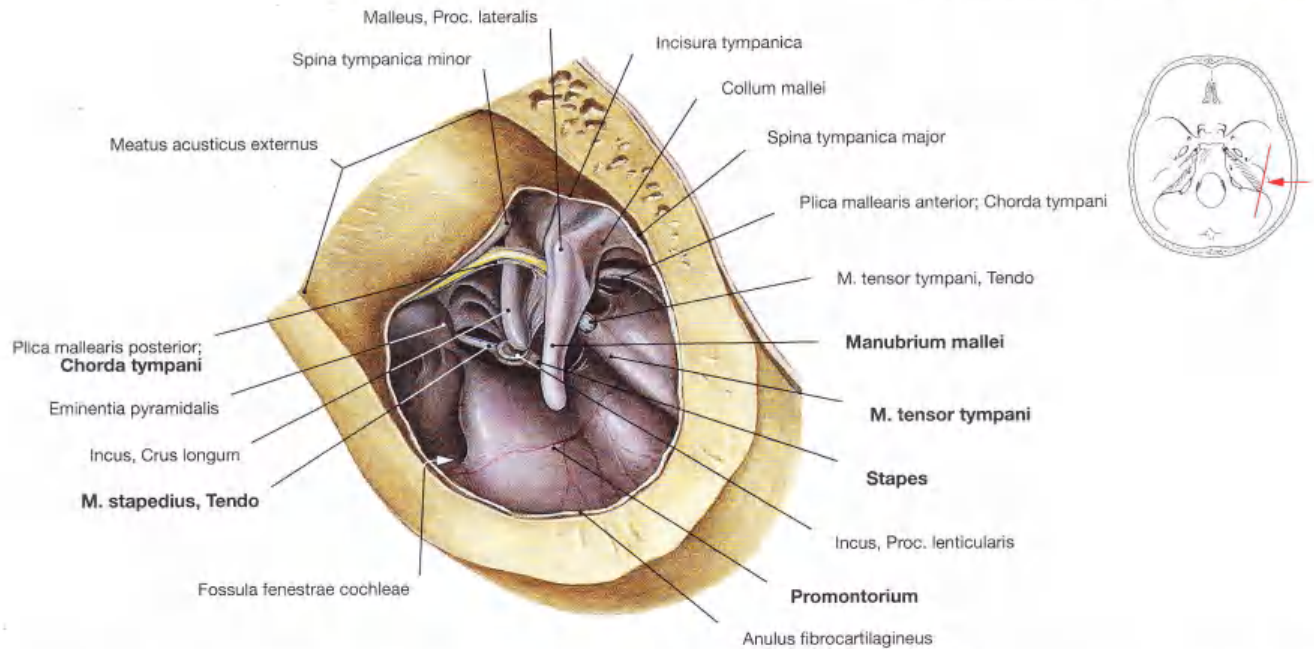
Catatan Klinis

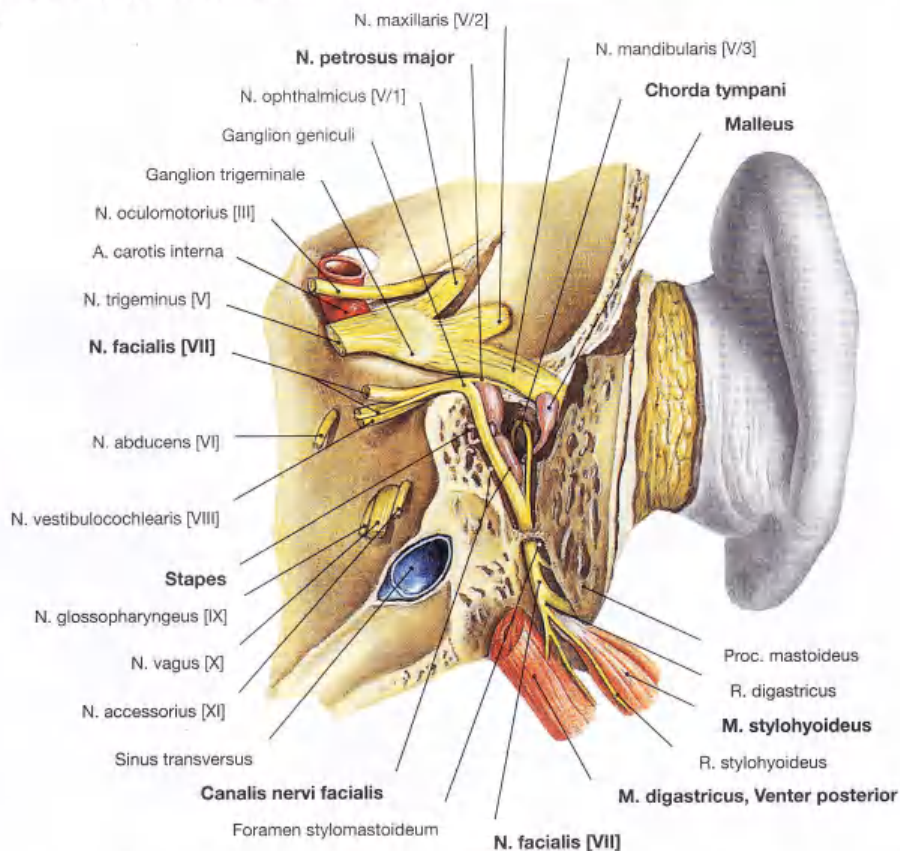
Peradangan pada Cellulae mastoideae **(mastoiditis)** yang disebabkan oleh proses radang di dalam Cavitas tympani merupakan komplikasi yang sering terjadi pada otitis media. Peradangan dapat menyebar dari mastoid dan mengenai jaringan lunak di belakang dan di depan Auris externa, M. sternocleidomastoideus, Auris interna, Sinus sigmoideus, meninges, dan N. facialis [VII].

Cavitas tympani, topografi

Gambar 10.29 N. facialis [VII], Cavitas tympani, dan Tuba auditiva [auditoria], sisi kanan; potongan vertikal pada sumbu longitudinal Pars petrosa ossis temporalis; dilihat dari frontal; Canalis facialis dibuka.
Nervus facialis [VII] terdiri dari dua cabang, N. facialis yang sebenarnya dan N. intermedius. Kedua cabang menyatu di dalam Canalis nervi facialis untuk membentuk N. intermediofacialis (selanjutnya disebut N. facialis [VII]). Nervus ini melengkung di sekitar Cavitas tympani dan membentuk Prominentia nervi facialis pada dinding medial Cavitas tympani. Di bawahnya, Eminentia pyramidalis menonjol ke dalam Cavitas. Tonjolan ini berisi M. stapedius yang diinervasi oleh N. facialis (→ Gambar 12.152). Tendo M. stapedius keluar dari Eminentia pyramidalis dan masuk ke sisi lateral inferior Caput stapedis.
Fungsi M. stapedius: Otot tersebut melemahkan getaran Fenestra vestibuli dengan sedikit memiringkan stapes, sehingga, mengurangi transmisi gelombang suara dan melindungi sel-sel sensorik Auris interna dari bising yang berlebihan.

Gambar 10.30 Dinding lateral, Paries membranaceus, Cavitas tympani, sisi kanan; dilihat dari medial.
Canalis musculotubarius memasuki Cavitas tympani dari depan. Canalis tersebut terdiri dari dua Semicanalis bertulang (Semicanales), dipisahkan oleh septum tulang, dan berisi M. tensor tympani dan Tuba auditiva [auditoria]. Di Proc. cochleariformis, tendo M. tensor tympani berbelok ke kanan dan berinsertio di Manubrium mallei.
Fungsi M. tensor tympani: Meningkatkan tegangan Membrana tympanica dengan menarik Manubrium mallei. Hal ini menyebabkan rangkaian Ossicula auditus menjadi lebih kaku dan berakibat meningkatnya kemampuan Ossicula auditus untuk menghantarkan gelombang suara berfrekuensi tinggi. Segera sebelum Canalis nervi facialis berakhir, Chorda tympani meninggalkan N. facialis [VII], berjalan ke belakang melalui saluran tulangnya sendiri menuju ke dalam Cavitas tympani dan, di dalam mukosa, dia berjalan melalui pusat Cavitas tympani di antara Malleus dan Crus longum Incus. Chorda tympani keluar dari Basis cranii melalui Fissura sphenopetrosa (atau Fissura petrotympanica).

Catatan Klinis

Paralisis N. stapedius pada kasus palsi N. facialis mempengaruhi sensasi pendengaran. Suara normal diterima sebagai bising yang tidak menyenangkan **(hiperakusis)** akibat kerja otot stapedius yang melemah (tidak ada kemiringan Basis Stapedis di Fenestra vestibuli).

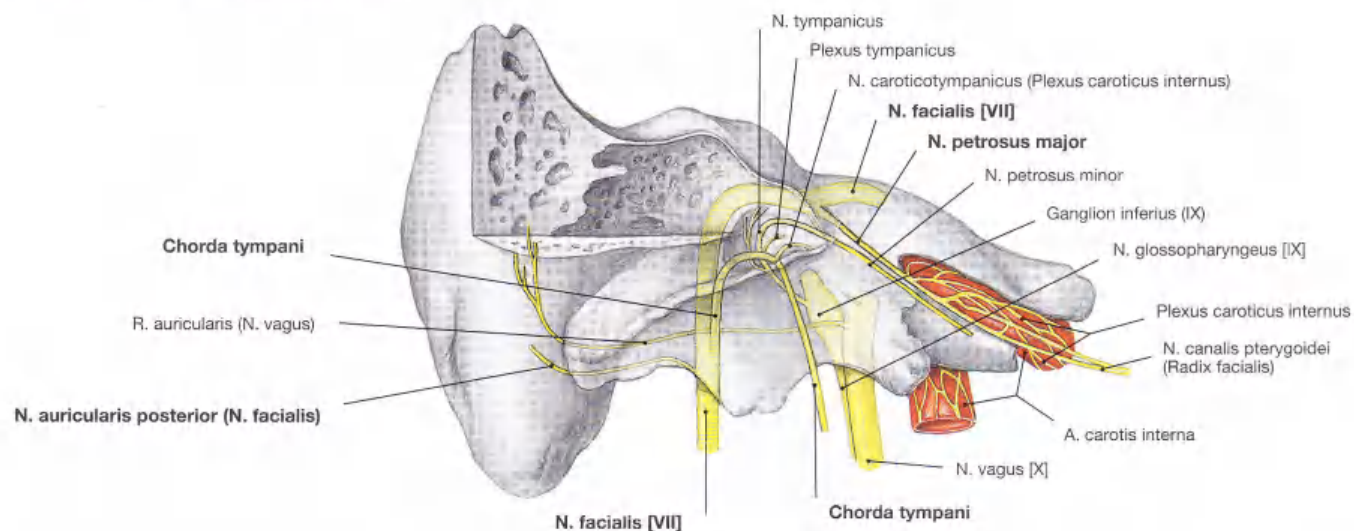
N. facialis [VII], topografi

Gambar 10.31 Cavitas tympani, sisi kanan; dilihat dari lateral setelah pengangkatan Membrana tympanica dan lapisan mukosa di sekitar Chorda tympani.

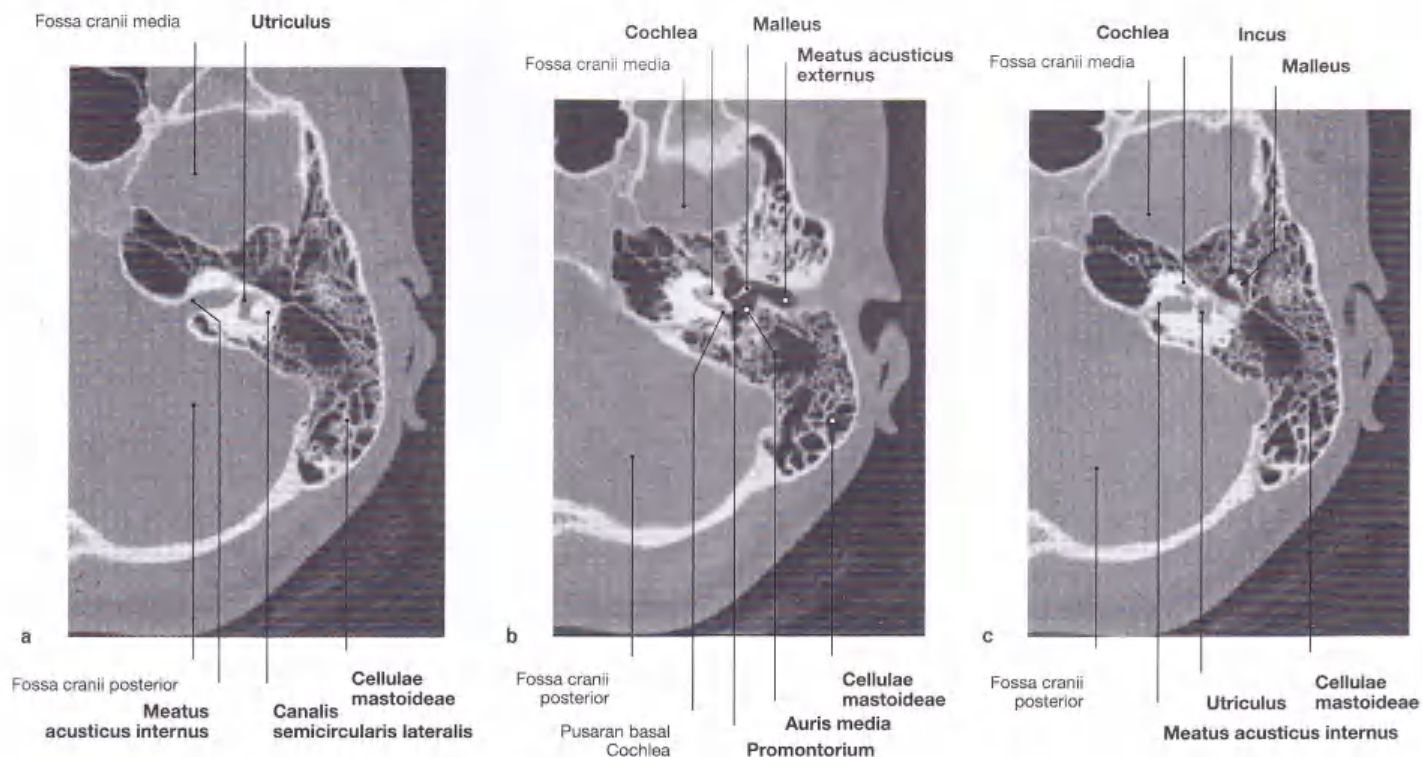
Diperlihatkan struktur-struktur Cavitas tympani yang ditutupi oleh mukosa.

Gambar 10.32 Nervus facialis [VII] pada Pars petrosa ossis temporalis, sisi kanan; dilihat dari posterior; Os petrosum diangkat sebagian; Canalis facialis dan Cavitas tympani dibuka.

Setelah pengangkatan Proc. mastoideus dan membuka Canalis facialis serta Cavitas tympani, seluruh perjalanan N. facialis [VII] dan percabangannya di dalam saluran tulang menjadi terlihat (→ Gambar 12.148).

Catatan Klinis

Cedera pada N. facialis [VII] dapat terjadi pada fraktur Os petrosum, inflamasi Auris media atau Proc. mastoideus, dan intervensi bedah sebagai respons terhadap skenario ini. Untuk **diagnosis** tepat lokasi lesi dan pemeriksaan follow-up palsi N. facialis, berbagai tes bisa dilakukan: uji SCHIRMER (fungsi Glandula lacrimalis), refleks stapedius, uji pengecap dan terkadang sialometri (tes fungsi kelenjar liur) untuk memeriksa Chorda tympani serta elektromiografi (EMG) dan elektroneuronografi (EnoG) untuk pengujian otot-otot wajah.
Chorda tympani berjalan melalui Auris media dan mudah mengalami cedera saat operasi di Auris media. **Kehilangan fungsi Chorda tympani** saja, berupa mulut kering dan hilangnya sensasi pengecap pada sisi yang terkena adalah hal yang biasa terjadi pada saat infeksi Auris media.

N. facialis [VII], topografi

Gambar 10.33 Nervus facialis [VII], N. glossopharyngeus [IX], dan N. vagus [X], sisi kanan; dilihat dari frontal; Os petrosum diangkat sebagian; saraf-saraf diperlihatkan secara transparan.

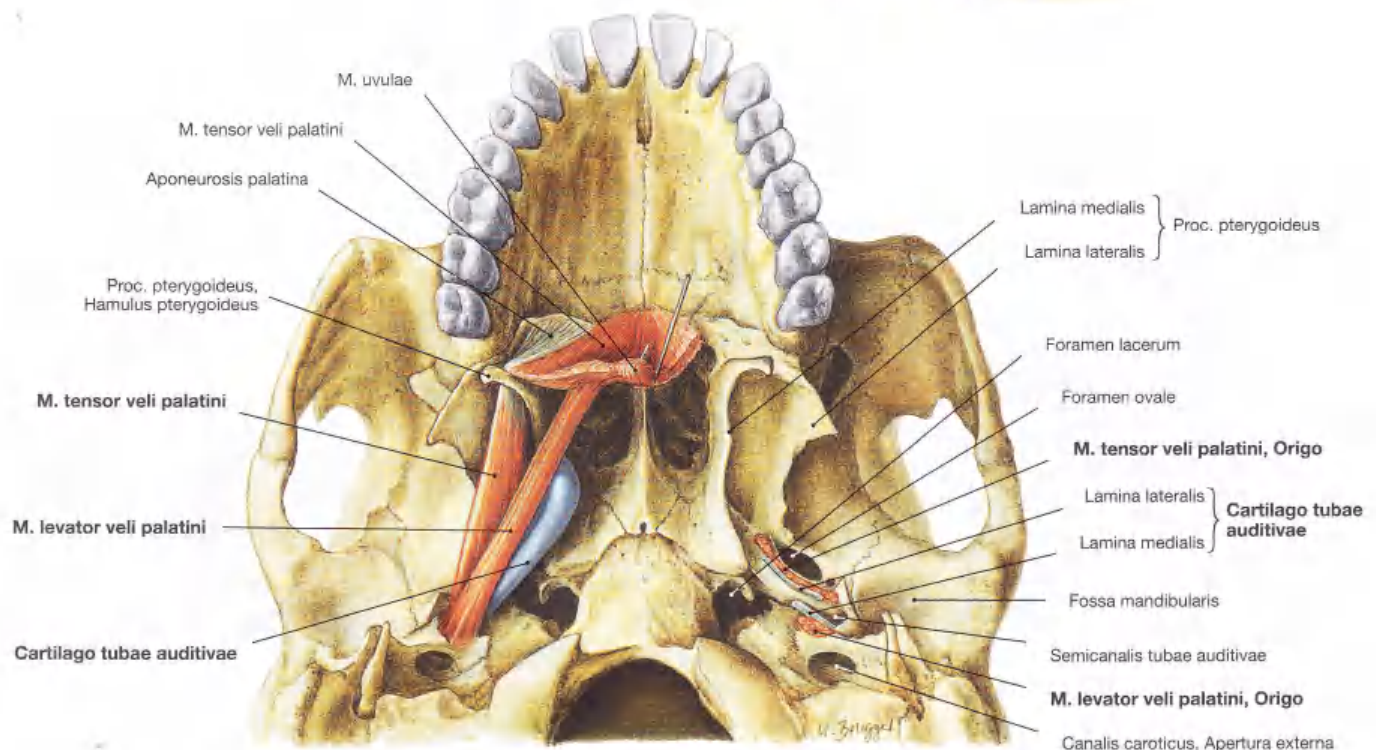
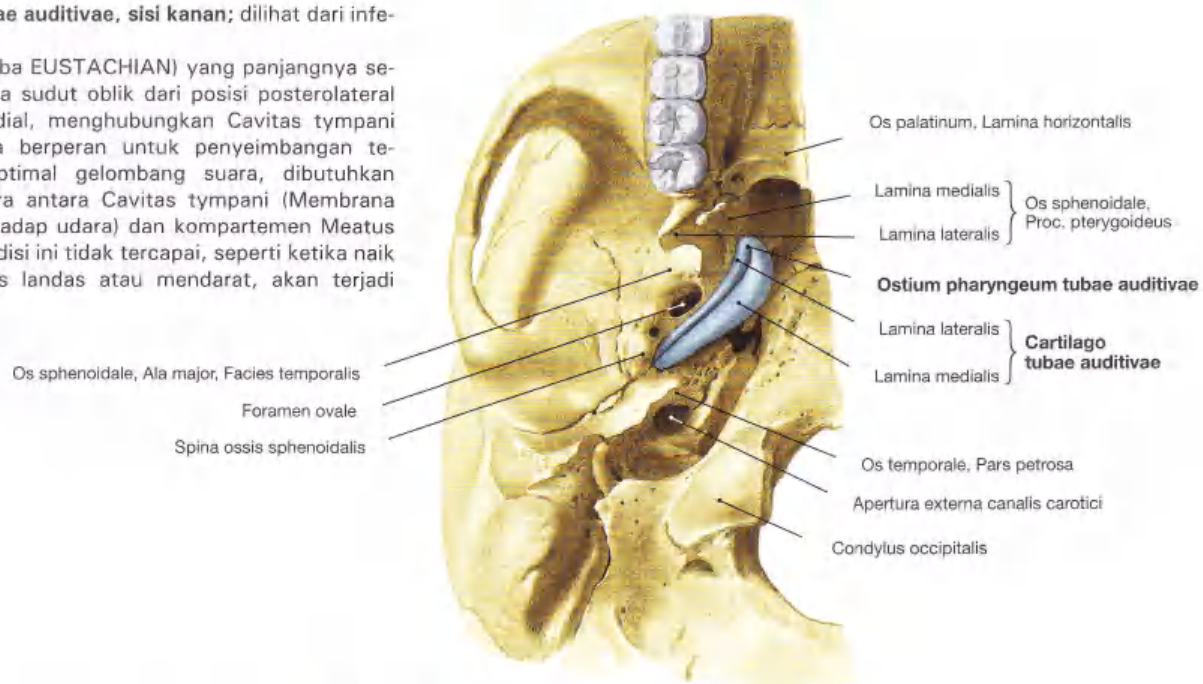
N. petrosus major adalah cabang pertama yang meninggalkan N. facialis [VII] di Ganglion geniculi. N. petrosus major berjalan ke arah frontomedial dan keluar dari Os temporale di Hiatus nervi petrosi majoris di bawah Dura mater di atas Facies anterior pada Pars petrosa ossis temporalis. Saraf tersebut memberikan serabut-serabut parasimpatis praganglionik ke Gangion pterygopalatinum untuk inervasi Glandulae lacrimales et nasales. Segera setelah berjalan melewati Foramen stylomastoideum, N. facialis [VII] mempercabangkan **N. auricularis posterior** untuk inervasi Auricula. Diperlihatkan juga R. auricularis dari N. vagus [X] untuk inervasi sensorik Meatus acusticus externus dan N. tympanicus yang bercabang dari N. glossopharyngeus segera sebelum saraf tersebut berjalan melalui Foramen jugulare. Bersama dengan cabang yang berasal dari Plexus caroticus internus (Nn. caroticotympanici) yang mengelilingi A. carotis interna, N. tympanicus berperan serta dalam pembentukan pleksus neuronal di lapisan mukosa Promontorium. Plexus tympanicus tersebut menginervasi seluruh mukosa Auris media serta lapisan mukosa Tuba auditiva [auditoria] dan Processus mastoideus.

Gambar 10.34a hingga c Os temporale, dengan Auris media dan interna, telinga kiri; potongan *Computed Tomographic* (CT), dilihat dari inferior. [10]

CT resolusi tinggi mampu memperlihatkan semua struktur Auris media dan interna secara detail. Misalnya, teknik pencitraan ini memungkinkan evaluasi Meatus acusticus [auditorius] internus, pneumatisasi Processus mastoideus, posisi Ossicula auditus, dan Labyrinthus.

Catatan Klinis

Nervus facialis [VII] dapat diakses dengan pembedahan melalui Proc. mastoideus, misalnya untuk membebaskan N. facialis yang meradang dan membengkak. Pada pengangkatan tulang mastoideum yang cermat, akan terlihat sisi posterior Canalis facialis.

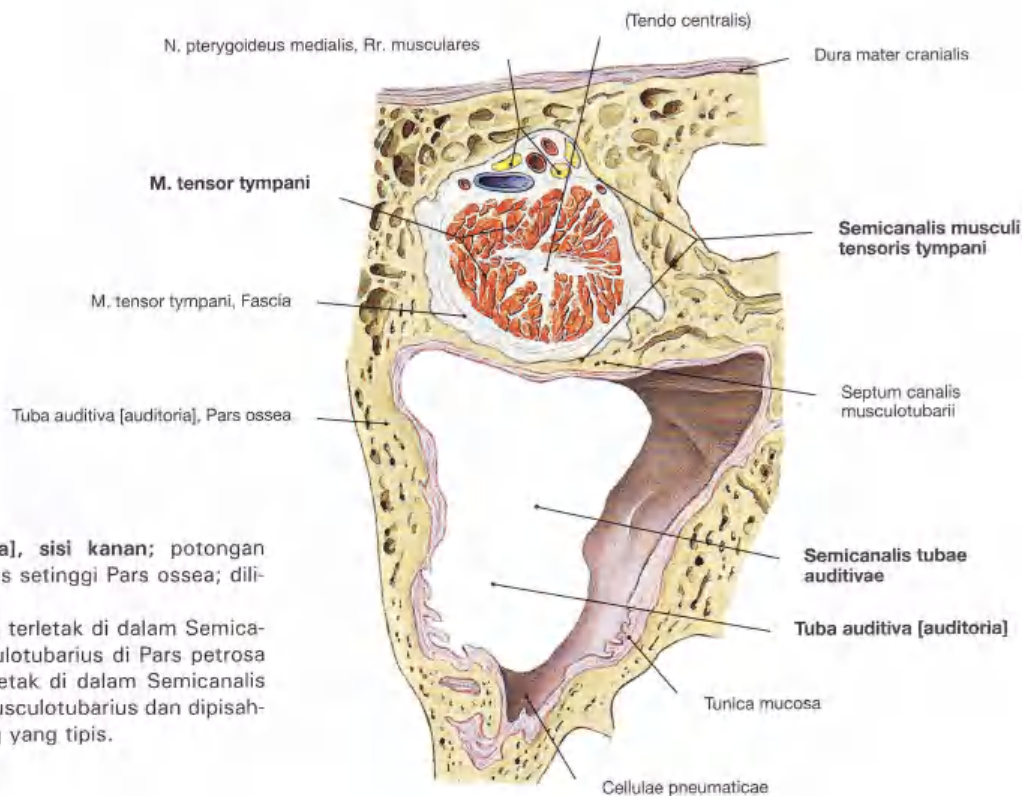
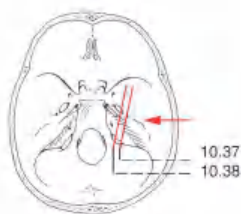
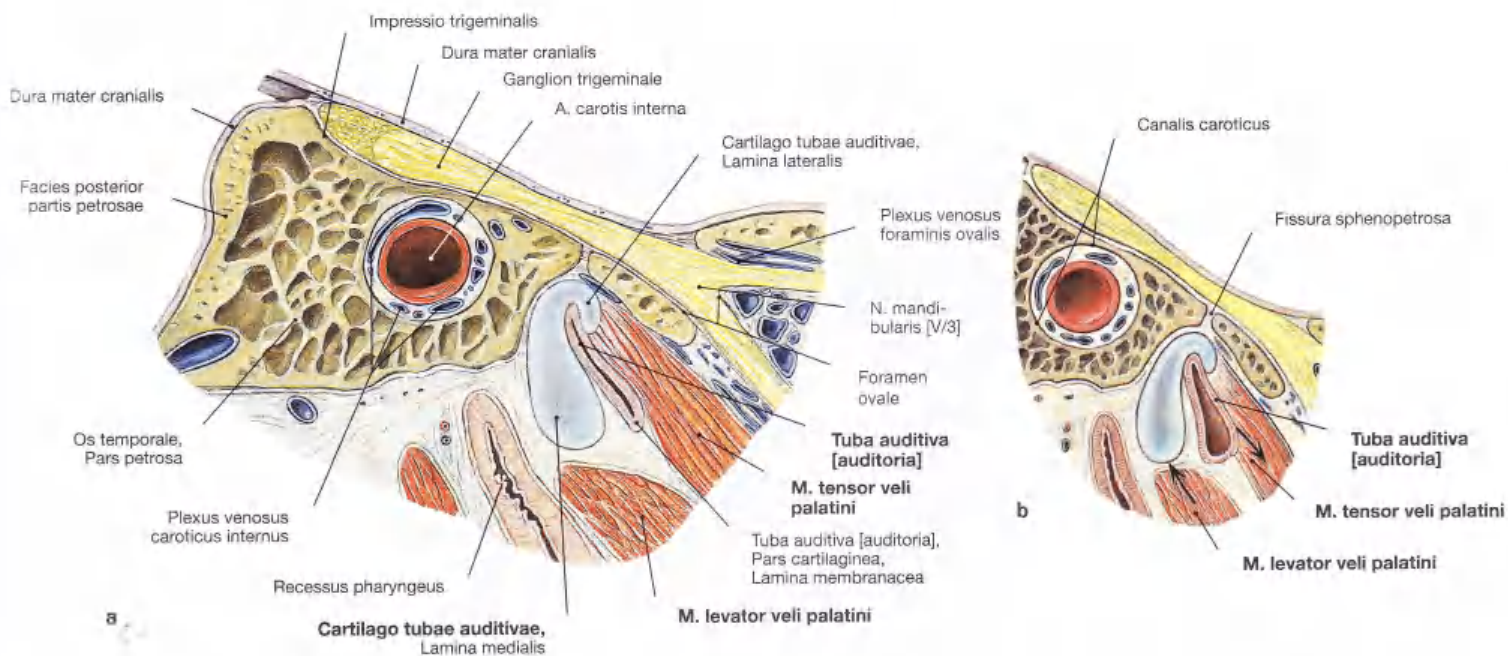
Tuba auditiva

Gambar 10.35 Cartilago tubae auditivae, sisi kanan; dilihat dari inferior; pada Basis cranii.
Tuba auditiva [auditoria] (Tuba EUSTACHIAN) yang panjangnya sekitar 4 cm dan berjalan pada sudut oblik dari posisi posterolateral kranial ke kaudal frontomedial, menghubungkan Cavitas tympani dengan Nasopharynx. Tuba berperan untuk penyeimbangan tekanan. Untuk transmisi optimal gelombang suara, dibutuhkan keseimbangan tekanan udara antara Cavitas tympani (Membrana tympanica impermeabel terhadap udara) dan kompartemen Meatus acusticus externus. Jika kondisi ini tidak tercapai, seperti ketika naik pesawat yang sedang lepas landas atau mendarat, akan terjadi gangguan pendengaran.

Gambar 10.36 M. levator veli palatini, M. tensor veli palatini, dan Cartilago tubae auditivae; dilihat dari inferior.
Tuba auditiva [auditoria] (bagian tulang tidak diperlihatkan) dimulai pada Ostium tympanicum tubae auditivae di dinding anterior Cavitas tympani (Paries caroticus) dan berakhir di Ostium pharyngeum tubae auditivae yang menonjol ke sisi lateral posterior Nasopharynx. Kita dapat membedakan bagian tulang (Pars ossea) dan bagian kartilaginosa (Pars cartilaginea) dua kali panjang bagian tulang. Pars cartilaginea terdiri dari kartilago elastik berbentuk palung (Cartilago tubae auditivae) pada posisi terbalik dengan jaringan ikat (Lamina membranacea) di sisi medialnya, sehingga membentuk kanal yang seperti celah. Kontraksi Mm. tensor et levator veli palatini ketika menelan menyebabkan terbukanya Tuba auditiva [auditoria].

→ T 3

Catatan Klinis

Lapisan epitel Tuba auditiva [auditoria] terdiri dari epitel bersilia bertingkat semu dan bersel goblet (epitel saluran pernafasan). Silia bergerak ke arah Nasopharynx (eskalator mukosiliar). Bila mekanisme proteksi Tuba gagal, infeksi ascendens dapat menyebabkan **peradangan Tuba auditiva [auditoria]** dan Auris media. Seperti halnya menelan, menguap, dan mengunyah, ekspirasi paksa dengan mulut dan hidung yang tertutup (manuver VALSALVA) dapat membuka Tuba auditiva [auditoria] yang tersumbat dan mengembalikan aerasi Auris media ke kondisi yang normal.

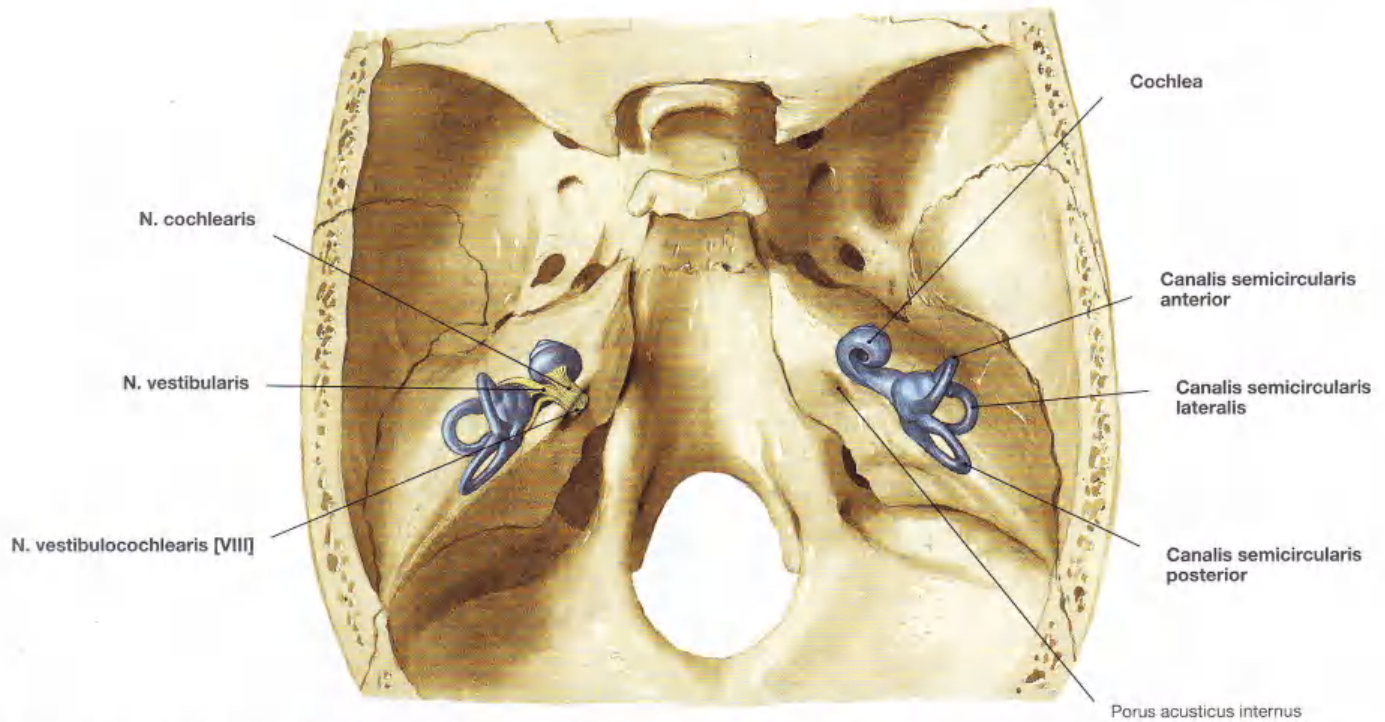
Tuba auditiva

Gambar 10.37 Tuba auditiva [auditoria], sisi kanan; potongan melintang melalui Canalis musculotubarius setinggi Pars ossea; dilihat dari lateral.
Pars ossea pada Tuba auditiva [auditoria] terletak di dalam Semicanalis tubae auditivae pada Canalis musculotubarius di Pars petrosa ossis temporalis. M. tensor tympani terletak di dalam Semicanalis musculi tensoris tympani pada Canalis musculotubarius dan dipisahkan dari Tuba auditiva oleh lapisan tulang yang tipis.

Gambar 10.38a dan b Tuba auditiva [auditoria], sisi kanan; potongan melintang setinggi bagian lateral Pars cartilaginea, dilihat dari lateral.

- **a** tuba tertutup
- **b** tuba terbuka; tanda panah menunjukkan efek kontraksi otot terhadap Tuba auditiva

Menelan melibatkan kontraksi Mm. tensor et levator veli palatini. **Kontraksi M. tensor veli palatini** menyebabkan tarikan pada Pars membranacea dan rima atas Pars cartilaginea milik Tuba auditiva yang menyebabkan dilatasi lumen Tuba. **Kontraksi M. levator veli palatini** menyebabkan otot menonjol keluar dan Venter otot tersebut mendorong Pars cartilaginea tuba dari bawah. Akibatnya, lumen berbentuk celah itu akan membengkok sedemikian rupa sehingga menyebabkan lumen Tuba auditiva melebar. Oklusi Tuba auditiva melibatkan M. salpingopharyngeus (tidak diperlihatkan).

Catatan Klinis

Palatoskisis terjadi bersamaan dengan hilangnya fungsi Mm. tensor et levator veli palatini, karena otot-otot tersebut kehilangan titik pelekatannya (Punctum fixum) di Palatum mole dan durum (→ Gambar 10.36). Oleh sebab itu, kontraksi kedua otot tersebut gagal membuka Tuba auditiva [auditoria]. Pada pasien dengan palatoskisis dan tidak diobati, Auris media tidak diaerasi dan terjadi proses adhesi mukosa. Anak-anak ini biasanya mengalami gangguan berat pada pendengaran dan proses bicara.

Labirin tulang (Labyrinthus osseus)

Gambar 10.39 Auris interna, dan N. vestibulocochlearis [VIII]; dilihat dari superior; Auris interna diproyeksikan ke Pars petrosa ossis temporalis yang mengilustrasikan posisi aslinya.

Tepi Cochlea mengarah ke anterolateral. Canales semicirculares berada pada sudut 45° terhadap bidang-bidang utama tengkorak (bidang frontal, sagital, dan horizontal). Hal ini merupakan informasi yang penting untuk diketahui ketika membaca CT scan tengkorak.

Foramen rotundum
A. carotis interna, Pars cavernosa
Foramen lacerum
N. petrosus major
Cochlea
Porus acusticus internus
N. facialis [VII]
N. vestibulocochlearis [VIII] { N. cochlearis, N. vestibularis }
Foramen jugulare
Foramen ovale
Foramen spinosum
Synchondrosis sphenopetrosa
N. facialis [VII], Ganglion geniculi
Ductus semicircularis anterior
Ductus semicircularis lateralis
Sulcus sinus sigmoidei
Ductus semicircularis posterior

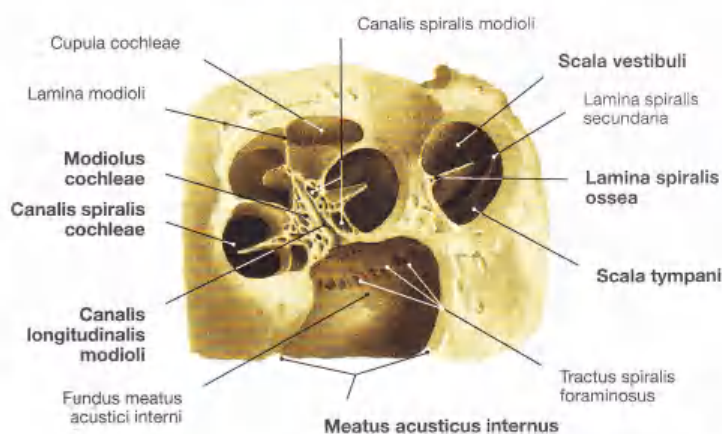
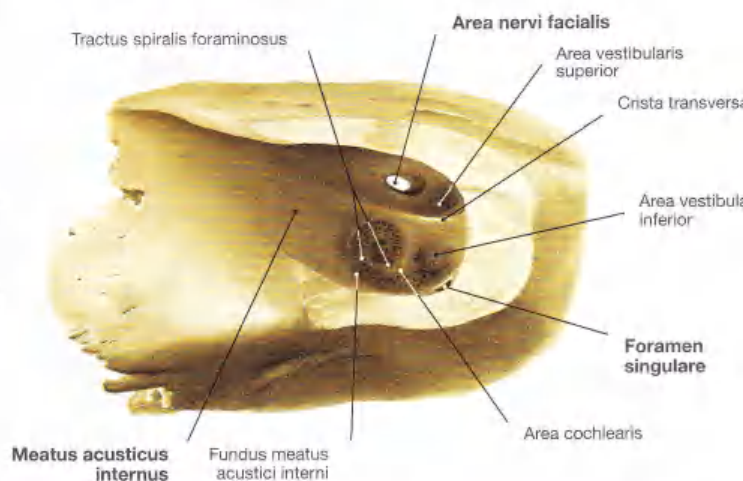
Gambar 10.40 Auris interna, dengan N. facialis [VII] dan N. vestibulocochlearis [VIII], sisi kanan; dilihat dari superior Pars petrosa ossis temporalis.

Ketika memasuki Porus acusticus internus, N. facialis [VII] dan bagian intermediusnya terletak di atas N. vestibulocochlearis [VIII] (dalam istilah klinis sering disebut N. statoacusticus), yang terdiri dari Nn. cochlearis et vestibularis. Saraf tersebut tersebar di dalam Os petrosum. **N. cochlearis** berbelok ke depan menuju Cochlea. **N. vestibularis** berbelok ke belakang dan, tepat sebelum mencapai labirin, terbagi menjadi Pars superior untuk Canalis semicircularis anterior dan lateralis dan Sacculus serta menjadi Pars inferior untuk Utriculus dan Canalis semicircularis posterior. Perikarya neuron kedua bagian tersebut bersama-sama terletak di dalam **Ganglion vestibulare**. Nervus facialis [VII] berjalan di atas dan di antara Cochlea dan organ vestibular di dalam Canalis facialis. Pada Genu nervi facialis, N. facialis melengkung ke bawah dengan sudut hampir 90°. **N. petrosus major** bercabang dari N. facialis [VII] di Ganglion geniculi. Saraf ini berjalan pada duplikasi dura di atas Os petrosum menuju Foramen lacerum dan berisi saraf parasimpatis praganglionik untuk inervasi kelenjar lakrimalis dan nasalis.

Labirin tulang (Labyrinthus osseus)

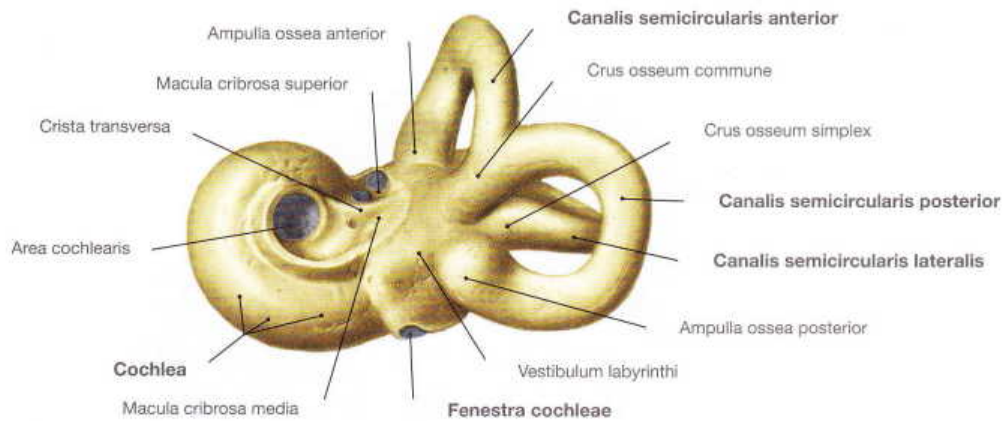
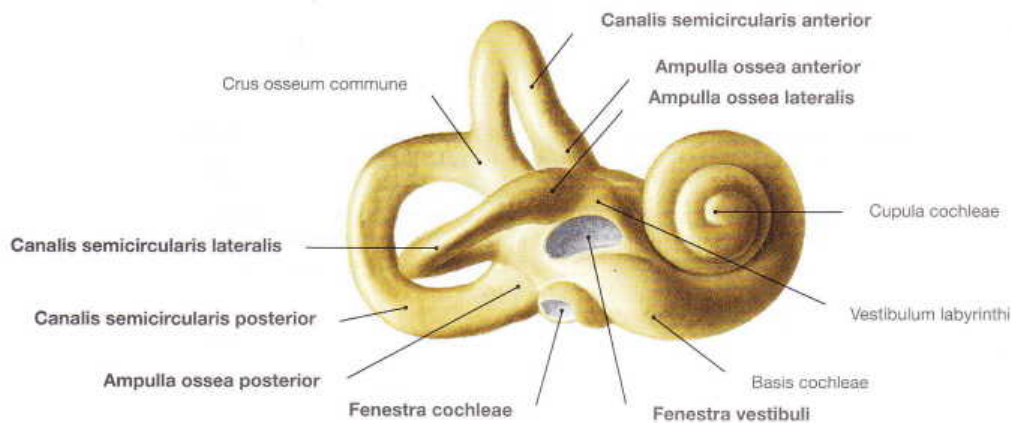
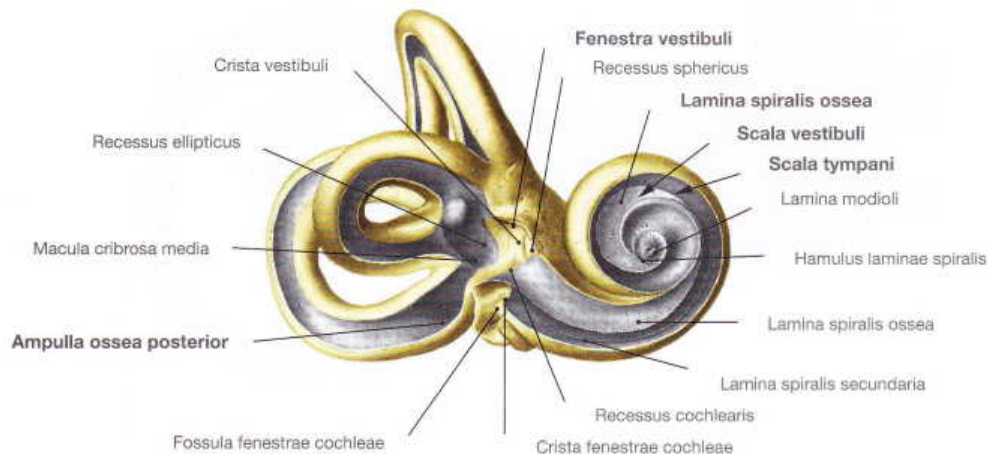
Canalis nervi facialis
Foramen ovale
Apex partis petrosae
Meatus acusticus internus
Synchondrosis petrooccipitalis
Sulcus sinus petrosi inferioris
a
Cellulae tympanicae
Canalis semicircularis anterior
Canalis semicircularis lateralis
Crus osseum commune
Canalis semicircularis posterior
Aqueductus vestibuli
Sulcus sinus sigmoidei
Foramen jugulare

Synchondrosis sphenopetrosa
Sulcus nervi petrosi majoris
Foramen lacerum
Canalis caroticus
Synchondrosis sphenopetrosa
Apex partis petrosae
Meatus acusticus internus
b
Semicanalis tubae auditivae
Cavitas tympani
Cochlea
Canalis nervi facialis
Canalis semicircularis lateralis
Fenestra vestibuli
*
Canalis semicircularis anterior

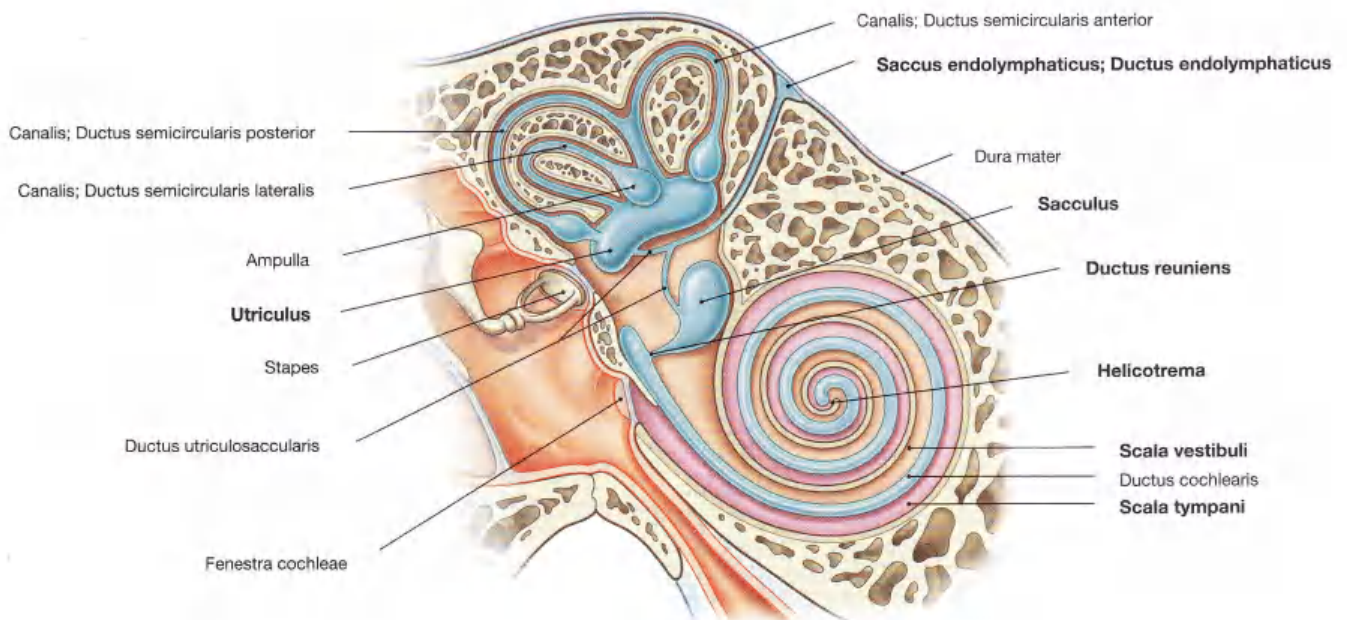
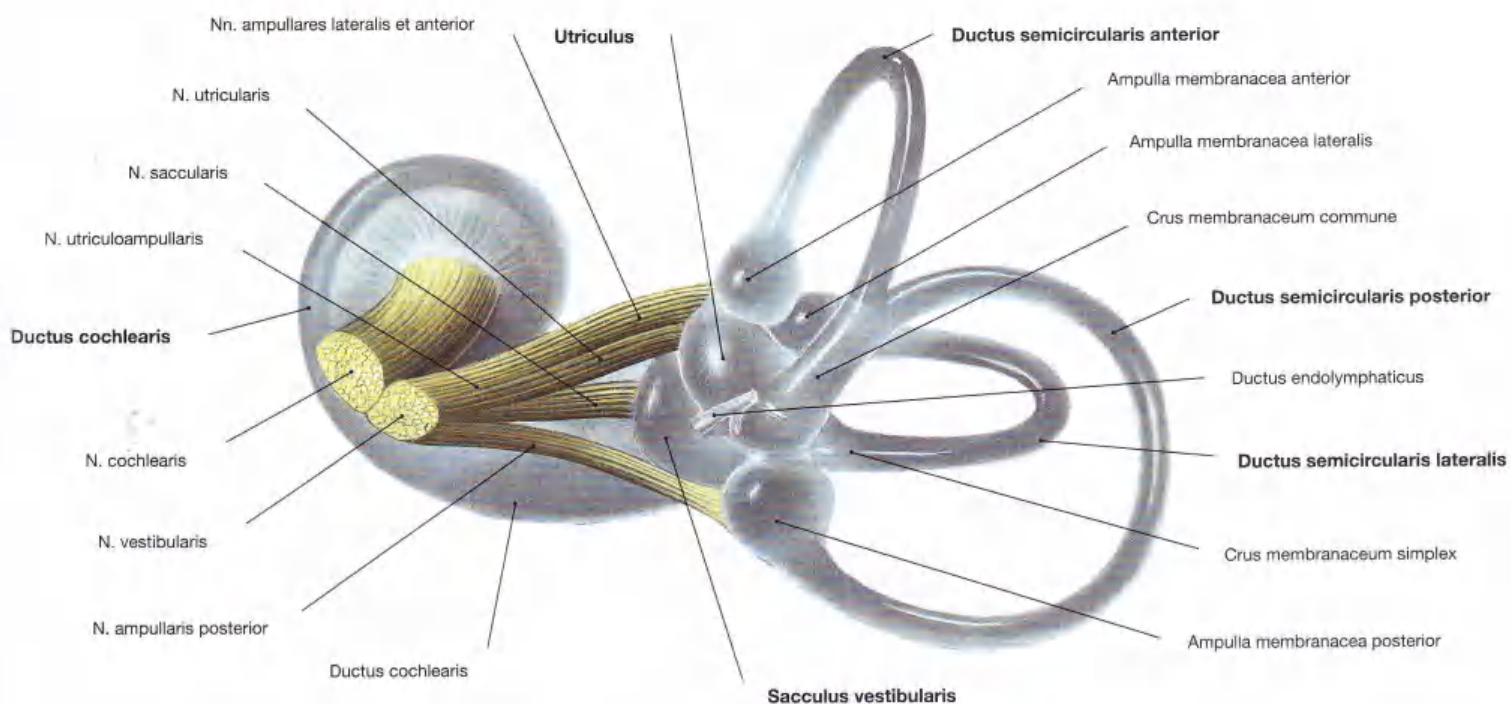
Gambar 10.41a dan b Labyrinthus osseus, sisi kanan; dilepaskan dari Pars petrosa ossis temporalis; dilihat dari posterior dan superior **(a)**, dilihat dari superior **(b)**.
Auris interna adalah kompleks kanal-kanal tulang dan perpanjangan ampula di dalam Pars petrosa ossis temporalis (Labyrinthus osseus). Yang terdapat di dalamnya adalah sistem tuba membrana dan Saccus, dikenal sebagai Labyrinthus membranaceus. Labyrinthus membranaceus ini menjadi tempat organ vestibular dan Cochlea (Organum vestibulocochleare).
* Aditus Canaliculus posterior

Gambar 10.42 Canalis spiralis cochleae, sisi kanan; dilihat dari superior; dibuka sepanjang sumbu Modiolus.
Cochlea terdiri dari Canalis spiralis cochleae 2 ½ putaran di sekitar modiolus sentral (Modiolus cochleae). Ganglion spirale cochleae yang berisi perikarya neuron bipolar N. cochlearis, terletak di dalam Canales spiralis et longitudinalis modioli. Lamina spiralis ossea yang berasal dari Modiolus, menonjol ke dalam Canalis cochleae.

Gambar 10.43 Meatus acusticus internus, dan Fundus meatus acustici interni, sisi kanan; dilihat dari medial; setelah pengangkatan sebagian dinding posterior.
Meatus acusticus internus dimulai pada Porus acusticus internus dan berjalan ke lateral sepanjang kira-kira 1 cm. Di sini Meatus acusticus internus berakhir pada lempeng tulang yang mengalami perforasi. N. facialis [VII] dan N. vestibulocochlearis [VIII] berjalan di dalam segmen sepanjang 1 cm ini.

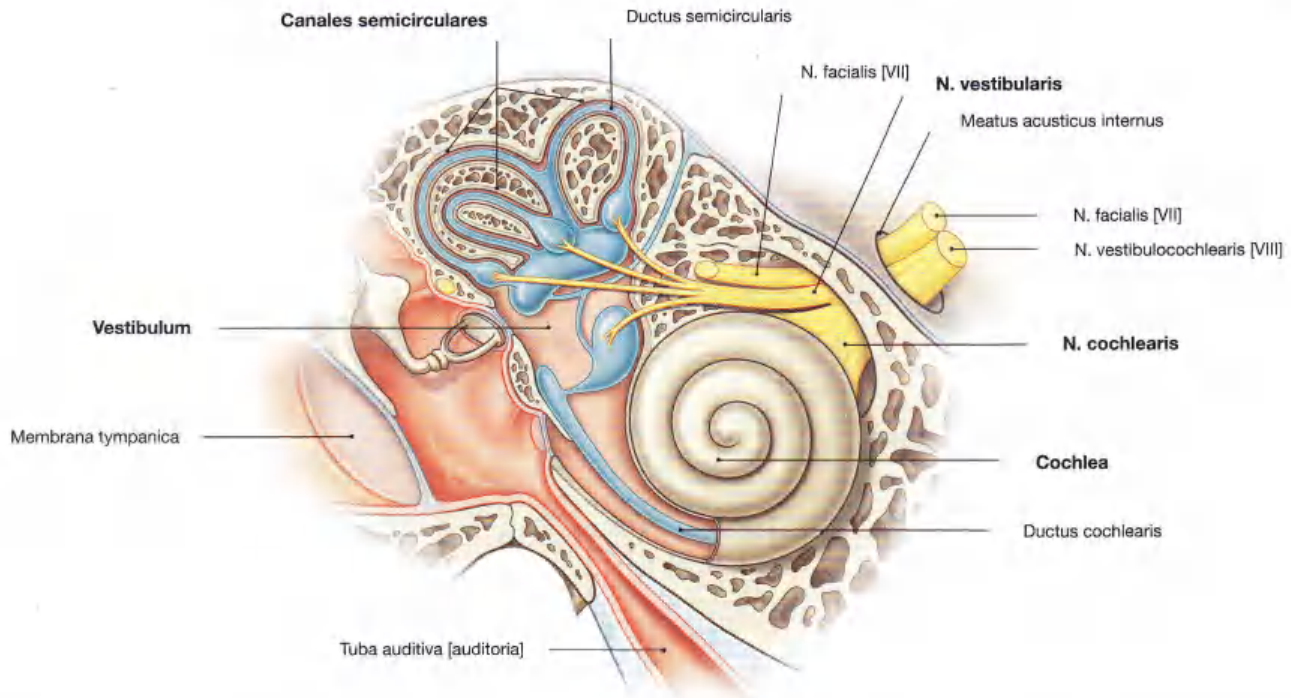
Catatan Klinis

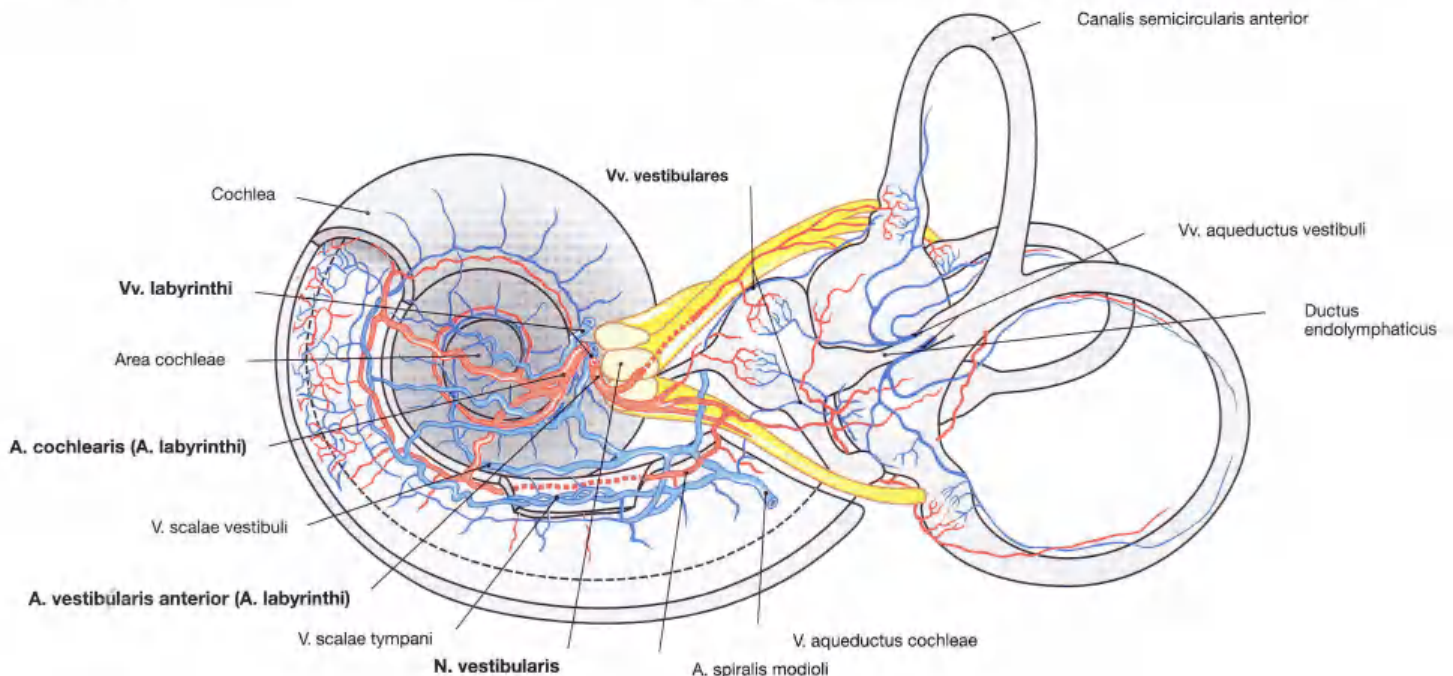
Neurinoma akustik (dikenal juga sebagai schwannoma vestibular, neuroma akustik, neurilemoma akustik, neurofibroma akustik) adalah tumor jinak sel SCHWANN dan paling sering mengenai N. vestibularis. Karena berasal dari Meatus acusticus internus dan tumbuh ke dalam Fossa cranii posterior, tumor ini akan menekan struktur yang berdekatan (*cerebello-pontine angle tumour*). Gejala-gejala awalnya berupa tuli asimetrik, pusing, dan hilang keseimbangan.

Labirin tulang (Labyrinthus osseus)

Gambar 10.44 Labrynthus osseus, sisi kanan; dilihat dari sudut posterior oblik, lapisan tulang Labyrinthus membranaceus telah dilepaskan dari Pars petrosa ossis temporalis.

Gambar 10.45 Labyrinthus osseus, sisi kanan; dilihat dari lateral; lapisan tulang Labyrinthus membranaceus telah dilepaskan dari Pars petrosa ossis temporalis.

Gambar 10.46 Labyrinthus osseus, sisi kanan; dilihat dari anterolateral; Cavitas telah dikosongkan.

Labyrinthus osseus terdiri dari Vestibulum, tiga Canales semicirculares ossei, Cochlea, dan Meatus acusticus internus. Cochlea dan Canalis semicircularis berasal dari Vestibulum yang berhubungan dengan Cavitas tympani melalui Fenestra vestibuli.

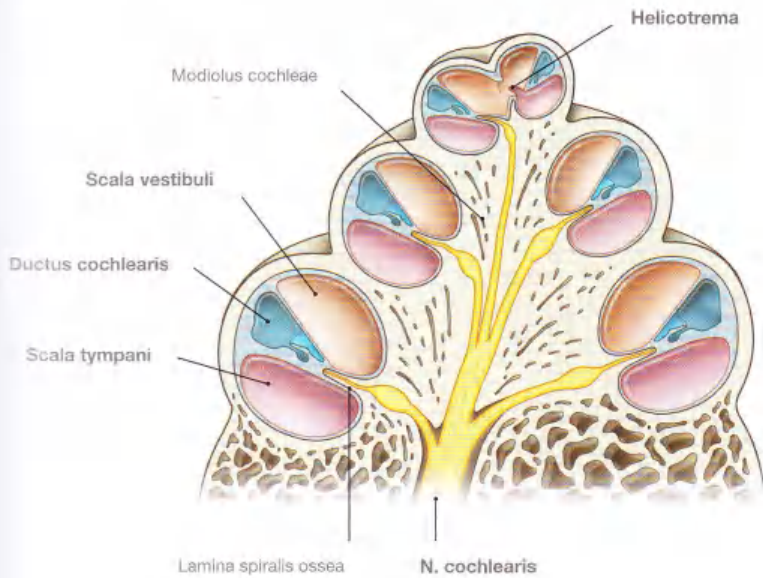
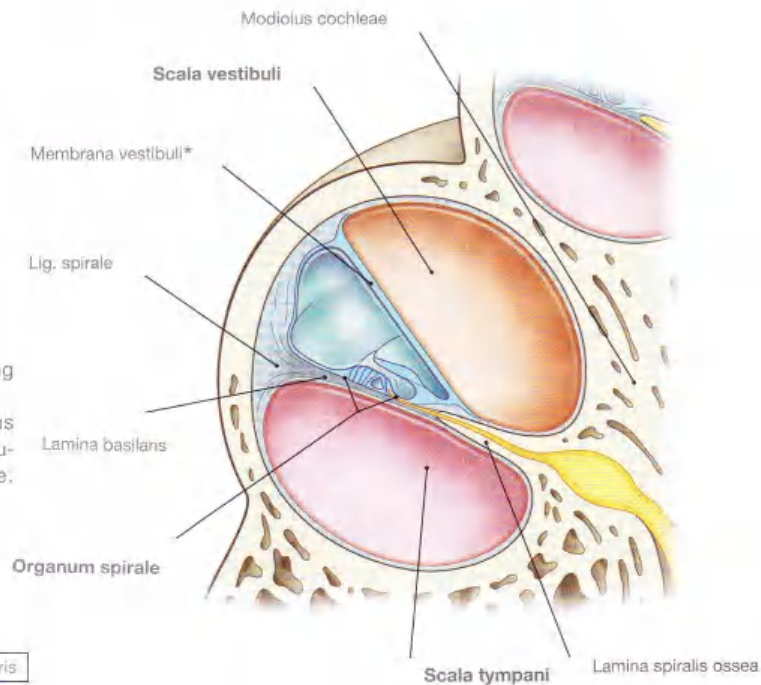
Labyrinthus membranaceus

Gambar 10.47 Labyrinthus membranaceus, sisi kanan; potongan longitudinal melalui Pars petrosa ossis temporalis; dilihat dari frontal; gambar skematik. [8]
Labyrinthus membranaceus berisi endolimfe yang kaya kalium dan kurang natrium. Ruang perilimfatik terisi perilimfe dan memisahkan Labyrinthus membranaceus dari Labyrinthus osseus. Berdasarkan fungsinya, Labyrinthus membranaceus terbagi menjadi kompartemen vestibular dan cochlea. **Labyrinthus vestibularis** termasuk Sacculus dan Utriculus terletak di dalam Vestibulum, Ductus utriculosaccularis, tiga Canalis semicircularis, dan Ductus endolymphaticus dengan Saccus endolymphaticus. Saccus endolymphaticus terletak di belakang Os petrosum dan mewakili kantong epidural untuk resorpsi endolimfe. **Labyrinthus cochlearis** membentuk Ductus cochlearis. Ductus reuniens menghubungkan Labyrinthus vestibularis dan cochlearis.

Gambar 10.48 N. vestibulocochlearis [VIII] dan Labyrinthus membranaceus; tinjauan semi-skematik, dilihat dari dorsal.
Labyrinthus membranaceus terdiri dari Ductus cochlearis, Sacculus, Utriculus serta tiga Ductus semicircularis. Ductus semicirculares berhubungan dengan Utriculus. Pada perbatasan dengan Utriculus, setiap Ductus semicircularis membentuk dilatasi berbentuk Ampulla (Ampulla membranacea). Pada satu ujung, Canalis semicircularis superior dan posterior bersatu membentuk saluran bersama (Crus commune). Setiap Ampulla memiliki epitel sensorik (Crista ampullaris, tidak diperlihatkan).

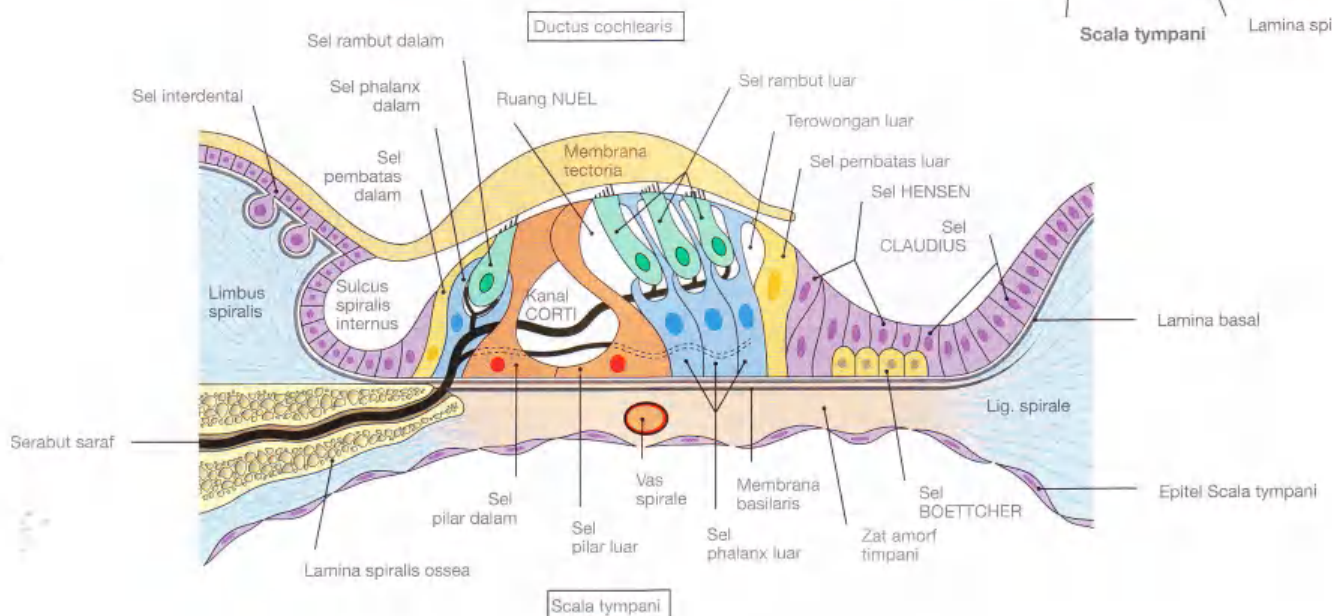
Pendarahan dan inervasi Labyrinthus membranaceus

Gambar 10.49 Inervasi Auris interna, sisi kanan; potongan longitudinal melalui Pars petrosa ossis temporalis; dilihat dari frontal, gambar skematik. [8]

Auris interna tersusun atas Substantia compacta ossis petrosi yang mengelilingi **Labyrinthus osseus** dan, yang terdapat di dalamnya, **Labyrinthus membranaceus**, yang menyerupai sistem tuba membranosa.

Gambar 10.50 Pendarahan dan inervasi Auris interna, sisi kanan; dilihat dari medial. (menurut [2])
Cabang **A. labyrinthi** (→ Gambar 12.96) memberikan pendarahan lengkap ke Auris interna; Vv. labyrinthi membawa darah vena. A. dan V. cerebelli anterior inferior berjalan ke dalam Meatus acusticus internus sepanjang beberapa milimeter (tidak diperlihatkan) sebelum A. dan Vv. labyrinthi bercabang untuk memberi pendarahan bagi Labyrinthus (**Perlu diingat:** A. labyrinthi adalah suatu arteri terminal).

Catatan Klinis

Sebagai arteri terminal, oklusi **trombotik A. labyrinthi** atau cabang-cabangnya yang berkontribusi dalam menyuplai darah, menyebabkan munculnya gangguan pendengaran dan kehilangan keseimbangan. Serangan vertigo, tuli unilateral, dan tinitus unilateral merupakan trias gejala yang menandakan **penyakit MENIERE.** Etiologinya tidak jelas, tetapi pembengkakan hidrofik Labyrinthus membranaceus yang disebabkan oleh gangguan resorpsi endolimfe (hidrops cochlear) telah didiskusikan. Tekanan yang disebabkan oleh peningkatan volume endolimfe ini, merusak sel-sel sensorik sistem vestibulocochlearis.

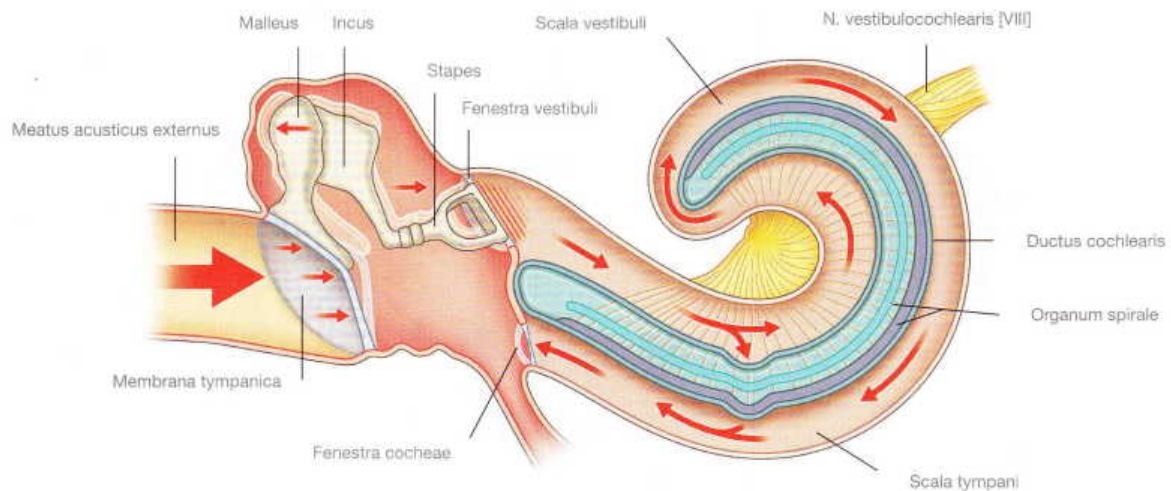
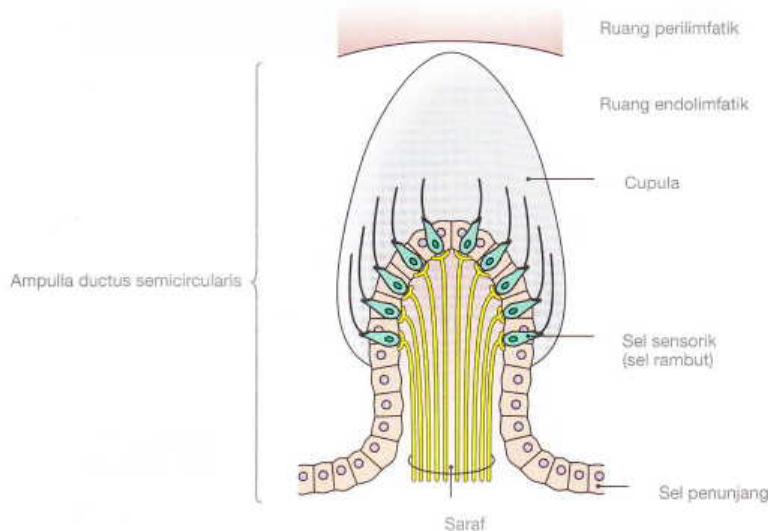
Cochlea

Gambar 10.51 Canalis spiralis cochlea, Cochlea: potongan melintang; gambar skematik. [8]
Membrana REISSNER dan membrana basilaris membagi Canalis spiralis cochleae menjadi tiga ruang:
- **Scala vestibuli** berawal dari Vestibulum hingga ke Helicotrema dan terisi perilimfe.
- **Ductus cochlearis** terisi endolimfe.
- **Scala tympani** membentang dari Helicotrema hingga ke Fenestra cochleae di dinding medial Cavitas tympani dan terisi perilimfe. Scala vestibuli dan Scala tympani bersatu di Helicotrema.

Gambar 10.52 Canalis spiralis cochlea, Cochlea; potongan melintang melalui putaran Organum spirale; gambar skematik. [8]
Membrana basilaris (Lamina basilaris) membentuk dasar Ductus cochlearis dan menopang organ Cochlea (organ CORTI). Stria vascularis di dinding tulang lateral pada Cochlea menghasilkan endolimfe.

* Membrana REISSNER

Gambar 10.53 Organum spirale (organ CORTI); gambar skematik. [24]
Gambar ini merupakan ilustrasi sederhana inervasi aferen dan eferen kompleks pada sel-sel rambut.

Organ CORTI mewakili organ Cochlea yang sebenarnya. Sel-sel sensorik Cochlea (sel-sel rambut) bersama dengan jenis sel penopang yang lain terletak pada membrana basilaris dan membrana gelatinosa (Membrana tectoria) menutupi permukaan sel apikalnya. Organ CORTI terbentang di sepanjang seluruh Ductus cochlearis.

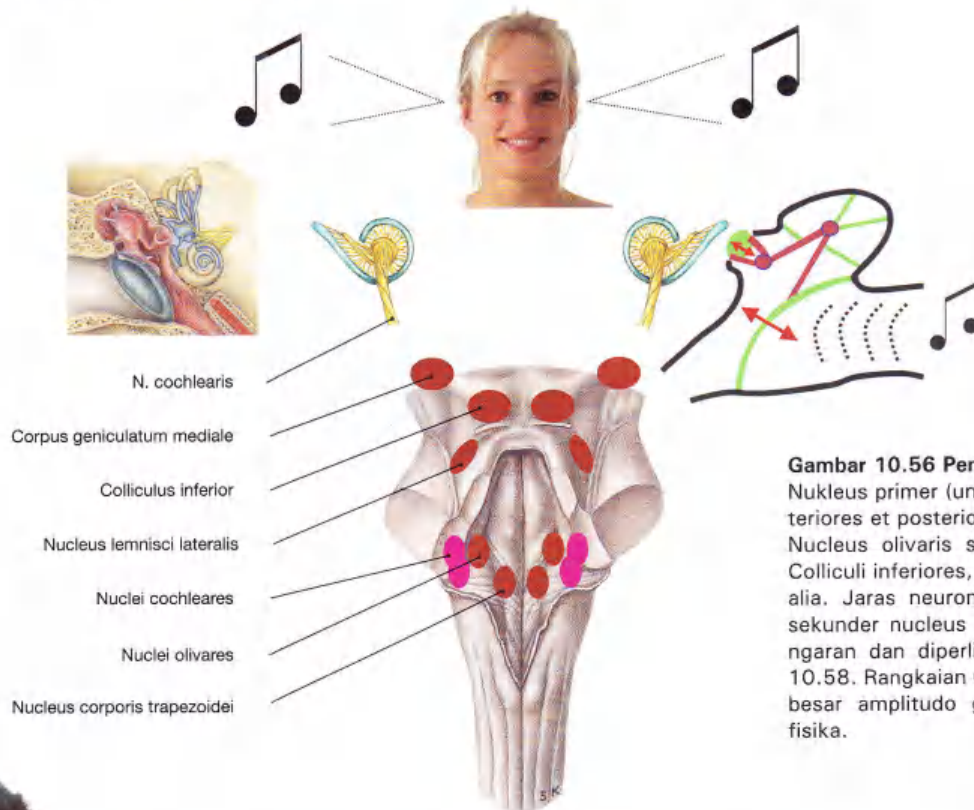
Catatan Klinis

Tinitus biasanya merupakan akibat dari kerusakan pada sel-sel rambut, misalnya setelah mendengarkan musik yang keras atau suara ledakan. Tinnitus aurium, atau Tinnitus ("telinga berdenging"), adalah gejala seseorang menerima suara yang sebenarnya tidak ada.

Konduksi suara mekanoelektrik dan organ keseimbangan

Gambar 10.54 Konduksi suara mekanoelektrik. [8]
Suara disebarkan oleh gelombang suara yang mencapai Auris externa (Meatus acusticus externus dan Auricula) dan dihantarkan oleh Membrana tympanica dan rantai Ossicula auditus melalui Basis stapedis ke perilimfe. Vibrasi pada Fenestra vestibuli akan memulai gerakan perilimfe yang menyebabkan **gelombang bermigrasi** yang berjalan di sepanjang dinding Ductus cochlearis (terutama membrana basilaris). Gelombang ini menyebabkan defleksi membrana basilaris dan organ CORTI. Akibatnya, stereocilia sel-sel rambut mengalami defleksi. Sel-sel sensorik mengubah kejadian biomekanis tersebut menjadi potensial reseptor (transduksi mekanoelektrik).

Gambar 10.55 Struktur Crista ampullaris. (menurut [25])
Labyrinthus vestibularis terisi oleh endolimfe dan terdiri dari Sacculus (Macula sacculi – akselerasi linear vertikal). **Utriculus** (Macula utriculi – akselerasi linear horizontal), dan **tiga Canalis semicircularis** (Cristae ampullares dengan Cupulae-nya – akselerasi rotasional).
Sel-sel sensorik organ vestibular memiliki kinosilium yang panjang dan stereosilia yang memanjang ke dalam substansi gelatinosa (Cupula). Gerakan Cupula menyebabkan defleksi pada proses selular tersebut pada permukaan sel-sel sensorik. Hal tersebut menyajikan suatu stimulus untuk aktivasi sinaptik serat-serat aferen N. vestibularis.

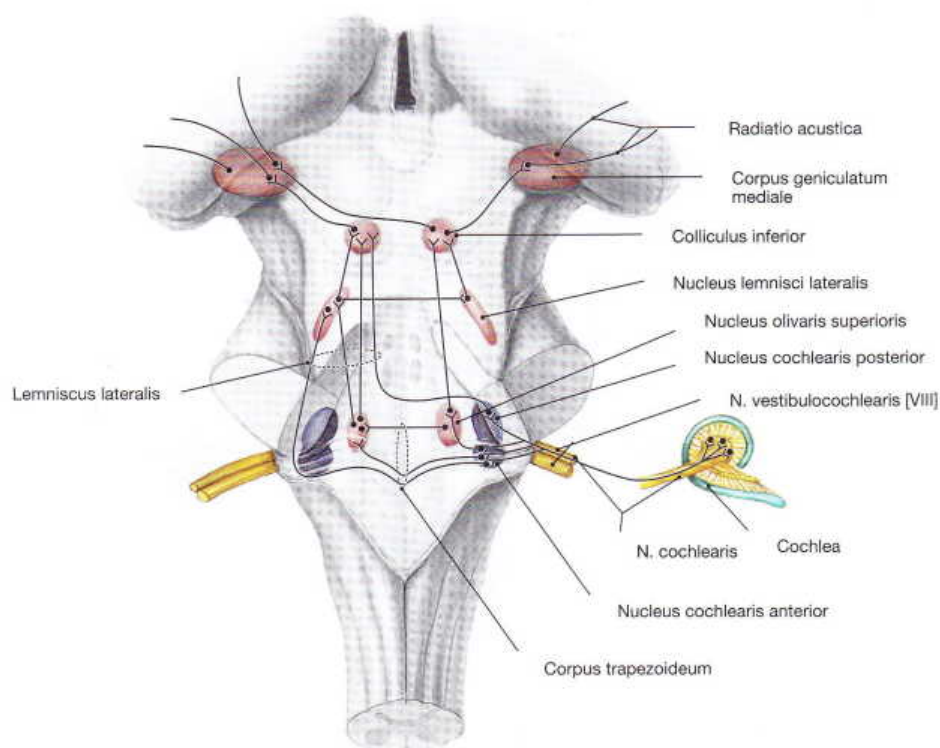
Catatan Klinis

Labirintitis dengan ketidaksetimbangan dan/atau pusing, nistagmus, mual, dan ansietas dapat menyertai kolesteatoma (pertumbuhan destruktif dan ekspansif epitel skuamosa berkeratin yang terlepas dari sisi luar Membrana tympanica ke dalam Auris media dengan disertai peradangan *putrid* kronik di Auris media), otitis media akut, mastoiditis, dan trauma pada tengkorak. Tempat masuk agen-agen infeksius adalah Fenestra vestibuli dan cochleae, menembus Labyrinthus osseus (disebabkan oleh trauma dan erosi tulang akibat ruang pneumatik yang terinfeksi), atau peradangan asenden meninges melalui saraf dan pembuluh darah, Canaliculus cochleae, atau Canaliculus vestibuli. Hasilnya adalah **gangguan pendengaran sensorineural** dengan tuli dan destruksi organ vestibular.

Pendengaran dan keseimbangan

Gambar 10.56 Pendengaran.
Nukleus primer (ungu): Nuclei cochlearis anteriores et posteriores; nukleus lain (coklat): Nucleus olivaris superior, Nuclei lemnisci, Colliculi inferiores, Corpora geniculata medialia. Jaras neuronal kelompok primer dan sekunder nucleus membentuk jaras pendengaran dan diperlihatkan pada → Gambar 10.58. Rangkaian Ossicula auditus memperbesar amplitudo gelombang suara secara fisika.

Gambar 10.57 Kontrol keseimbangan dan stabilisasi lapangan penglihatan.
Serabut saraf aferen berasal dari otot-otot mata, organ keseimbangan, dan otot-otot leher; **serabut saraf eferen** memodulasi otot-otot mata dan tubuh. Cerebellum memegang peranan penting pada koordinasi ini.

Catatan Klinis

Untuk menilai **vertigo** pasien secara objektif dan menentukan lokasi lesi dalam sistem vestibular diperlukan tes sistem keseimbangan sebagai bagian penting pemeriksaan fisis. Tes yang sering dilakukan adalah **tes ROMBERG** (Pasien berdiri tegak dengan kaki rapat, mata tertutup, dan lengan lurus ke depan) dan **tes melangkah UNTERBERGER** (Pasien diminta berjalan di tempat dengan cepat dengan mata tertutup) ketika menilai sensasi posisi atau kecenderungan untuk terjatuh. Metode lain adalah tes nistagmus (nistagmus = gerakan mata cepat involunter) dengan menggunakan lensa FRENZEL (kaca mata FRENZEL). Goyangan cepat kepala pasien mencetuskan nistagmus. Tes ini dilakukan dengan cara pasien memegang kepala pada posisi yang berbeda-beda. Pemeriksaan tersebut juga akan memperlihatkan semua nistagmus laten. **Tes nistagmus kalorik** memeriksa respons labirin pada satu sisi. Pasien telentang (kepala diangkat) di dalam ruang dengan cahaya yang suram dan telinga pada satu sisi diirigasi dengan air hangat dan dingin. Air dingin akan memunculkan nistagmus fisiologis ke sisi yang berlawanan, sedangkan air hangat akan merangsang nistagmus ke sisi yang sama dengan labirin yang diperiksa. Penurunan atau hilangnya nistagmus adalah patologis dan mungkin ada gangguan fungsional perifer.

Jaras pendengaran

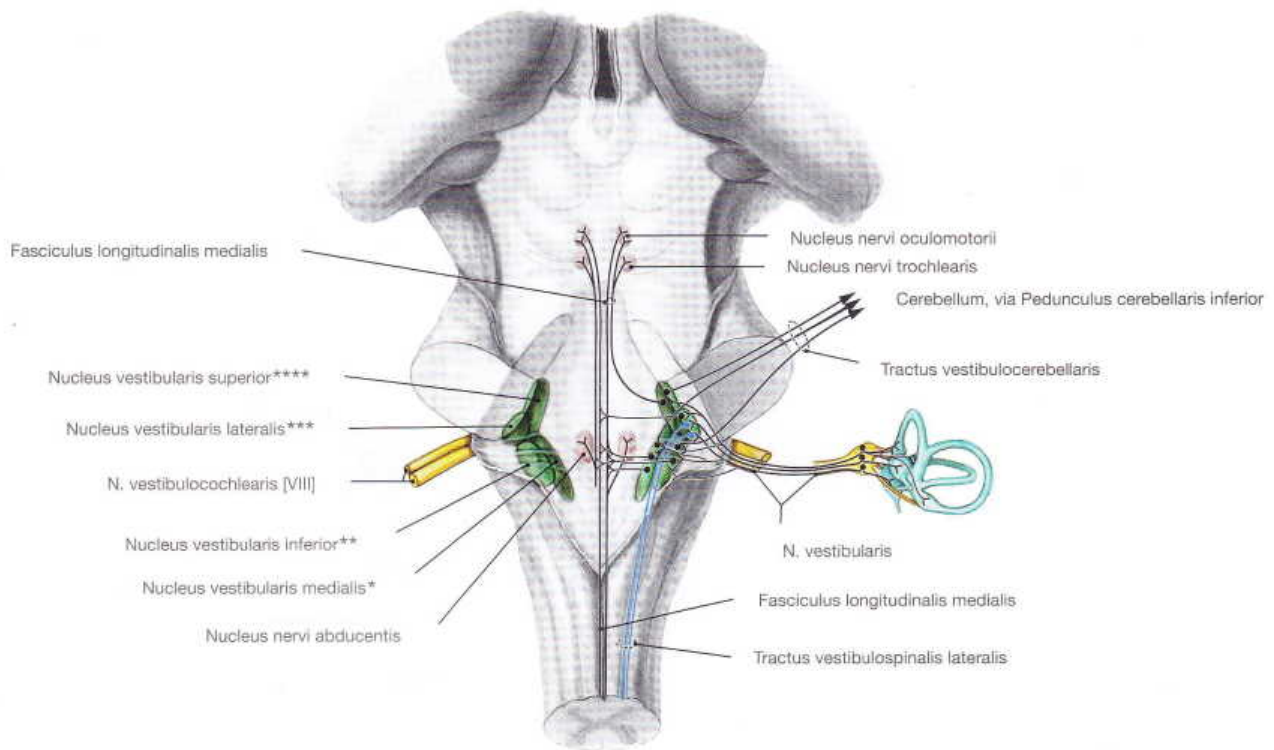
Gambar 10.58 Jaras pendengaran; tinjauan.
Fungsi jaras pendengaran asenden adalah untuk menghantarkan sinyal akustik ke otak, untuk memproses informasi tersebut di pusat, dan menciptakan kewaspadaan akustik.

1. neuron: sel-sel bipolar pada Gangion spirale cochleae
- Setelah keluar dari Apertura minor tractus spiralis foraminosus jauh di dalam Meatus acusticus internus, serabut yang membentuk N. cochlearis bersatu dengan N. vestibularis di dasar Meatus acusticus internus untuk membentuk N. vestibulocochlearis [VIII].
- Serabut saraf dari Pars cochlearis basalis menyilang Nucleus cochlearis posterior dan serabut saraf dari bagian apikal berakhir di dalam Nucleus cochlearis anterior.

2. neuron: sel-sel multipolar Nuclei cochleares
- Serabut dari Nucleus cochlearis anterior berjalan terutama menuju Nucleus olivaris pada sisi yang sama atau berlawanan.
- Terpisah dari serabut yang menyilang ke sisi yang berlawanan dan, tanpa bersinaps, berjalan di dalam Lemniscus lateralis ke Colliculus inferior.
- Serabut yang mencapai Nucleus olivaris pada sisi yang sama, dapat naik ke Nucleus lemnisci lateralis, bersinaps, menyilang sisi berlawanan, bersinaps lagi, kemudian mencapai Colliculus inferior atau naik secara langsung dari Lemniscus lateralis untuk mencapai Colliculus inferior.

3. atau 4. neuron: Dari Colliculus inferior hubungan dibuat dengan Corpus geniculatum mediale.

4. atau 5. neuron: Radiatio acustica menghubungkan Corpus geniculatum mediale dengan Gyri temporales transversi (*HESCHL's transverse convolutions*) dan pusat WERNICKE di lobus temporalis.

Jaras keseimbangan

Gambar 10.59 Jaras keseimbangan; tinjauan.
Jaras keseimbangan mengoordinasikan gerakan mata dan gerakan-gerakan tubuh, leher, dan ekstremitas.

1. Neuron:

- Serabut aferen Ganglion vestibulare terutama berjalan ke dalam Nucleus vestibularis medialis (nukleus SCHWALBE), Nucleus vestibularis superior (nukleus BEKHTEREV), dan Nucleus vestibularis inferior (nukleus ROLLER).
- Serabut aferen Cristae ampullares pada Canalis semicircularis terutama berjalan ke nukleus BEKHTEREV dan SCHWALBE serta ke dalam Vestibulocerebellum melalui jaras serebelar sensorik langsung.
- Serabut aferen Utriculus berproyeksi ke dalam Nucleus vestibularis medialis, serabut aferen Sacculus berproyeksi ke dalam Nucleus vestibularis lateralis.
- Nucleus vestibularis lateralis (nukleus DEITER) juga menerima serabut saraf kolateral dari jaras vestibular dan, khususnya, hubungan dari Cerebellum.

2. neuron: dari Nucleus vestibularis serabut eferen berjalan

- ke Cerebellum (Tractus vestibulocerebellaris)
- ke Medulla spinalis (Tractus vestibulospinalis)
- ke nukleus yang mengontrol otot-otot ekstraokular (Fasciculus longitudinalis medialis)
- ke Thalamus (melalui Tractus vestibulothalamicus ke Nucleus ventralis posterior inferior dan dari sini, melalui Radiatio thalami ke Gyrus postcentralis)

*	nukleus SCHWALBE
**	nukleus ROLLER
***	nukleus DEITER
****	nukleus BEKHTEREV